

一种移动环境下的用户模型*

杜一^{1,2+}, 田丰¹, 戴国忠¹, 王锋³, 王宏安¹

¹(中国科学院 软件研究所 人机交互技术与智能信息处理实验室, 北京 100190)

²(中国科学院 研究生院 信息科学与工程学院, 北京 100190)

³(昆明理工大学 云南省计算机技术应用重点实验室, 云南 昆明 650500)

A User Model Based on Mobile Environment

DU Yi^{1,2+}, TIAN Feng¹, DAI Guo-Zhong¹, WANG Feng³, WANG Hong-An¹

¹(Intelligence Engineering Laboratory, Institute of Software, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

²(School of Information Science and Engineering, Graduate University, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

³(Yunnan Provincial Key Laboratory of Computer Application, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

+ Corresponding author: E-mail: duyiccas@gmail.com

Du Y, Tian F, Dai GZ, Wang F, Wang HA. A user model based on mobile environment. *Journal of Software*, 2011, 22(Suppl. (2)): 120-128. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/11032.htm>

Abstract: It's very important to help developers design user interface for application in an intelligent user interface. Nowadays, the number of mobile based applications increases greatly, but there are no proper user model to guide the design and development of user interface. This article takes different types of functions and parameters in consideration, and proposes a user model and user modeling method based on activity theory. In addition, this article describes the improved VSM algorithm in detail. Finally, an application and an informal experiment are designed to prove the efficiency of given user model. This work can be used to guide the design and development of mobile user interface under mobile environment.

Key words: user modeling; mobile development; intelligent user interface; human computer interaction; adaptive user interface

摘要: 通过用户模型来指导应用程序的用户界面设计,在智能用户界面的研究中占有重要的地位.当前基于移动设备及移动操作系统的应用程序数量迅速增加,却没有合适的用户模型来指导用户界面的设计与开发.基于此,将智能手机等移动设备的各种软硬件功能及参数综合考虑,以活动理论为基础,给出了一个移动环境下的用户模型——Uniform Mobile User Model (UM2),从模型的静态结构及动态的构建方法两方面对用户模型进行了阐述;并且详细描述了模型构建过程中使用的基于改进 VSM 的推理算法;最后通过示例应用及实验初步验证了模型的可行性.该项工作对移动环境下智能用户界面的设计和开发提供模型指导,并可提高人们使用移动设备的效率.

关键词: 用户模型;移动开发;智能用户界面;人机交互技术;自适应用户界面

* 基金项目: 国家自然科学基金(U0735004); 国家重点基础研究发展计划(973)(2009CB320804)

收稿时间: 2011-07-20; 定稿时间: 2011-12-01

移动设备是指尺寸较小、便于携带的计算设备,通常包括显示屏幕等输出装置及电子笔等各种输入装置,典型的移动设备有手机、PDA、平板电脑等。随着科技的进步以及经济的发展,移动设备的数量越来越多,各类移动设备的使用也越来越普遍,设备的种类从最初的普通手机发展到如今智能手机、平板电脑、上网本等。人们使用移动设备的方式也从最初的通话、短信发展到利用各种移动设备进行办公、娱乐等活动。随着移动设备及移动操作系统的发展,移动应用程序越来越丰富, IDC 的移动开发研究报告指出,来自全球各地的移动开发人员,在不同的移动平台上,为移动设备的用户开发了近百万应用程序。但是,开发者在为移动设备开发应用程序时,没有可以参考的用户模型来指导用户界面的设计开发,往往只依赖于各开发平台的界面设计规范。而设计规范大都只针对界面的布局、组件风格等进行了描述,忽略了界面的智能性及个性化。这需要通过对用户模型的深入研究,为移动开发者提供指导性的建议。当前针对移动环境的用户模型的研究大都针对某一特定的移动设备或者基于单一的移动设备的特性,虽然有一定的指导作用,也能在一定程度上改善用户体验,但这些研究的尝试局限于单一的移动设备或一类同质的参数,缺少对各种移动环境信息的综合利用,并且没有考虑单一用户使用多个移动设备的情况,不具有普遍的适用性和可行性。

基于上述问题,本文提出了一种移动环境下的用户模型来指导移动环境下智能用户界面的设计和开发。本文第 1 节首先对移动设备及移动环境下的用户模型的相关研究进行综述,找出其中的不足。第 2 节基于活动理论,通过分析用户日常使用移动设备的场景,将用户、上下文环境、对象及行为等统一纳入活动的研究框架,并建立移动环境下的用户模型 Uniform Mobile User Model (UM2),对模型的静态结构及构建过程框架进行阐述。第 3 节详细介绍 UM2 构建过程中使用的基于改进 VSM 的推理算法,第 4 节结合给出的用户模型,实现了一个智能思维导图系统(AM),并通过一轮六人的初步实验,进一步验证了模型的可行性。最后,我们给出对于模型及系统的进一步讨论。

1 相关工作

用户界面(或人机界面)是人机交互所依赖的软件和硬件的总称,它关注自然、个性化、智能化的特性,致力于创造和谐的人机环境。用户模型是计算机为服务最终用户而产生的数据模型,它作为用户界面设计的一个重要部分,一直被作为研究的重要方向。最早的针对用户模型的研究来自于 Perrault 以及 Cohen^[6,7],他们尝试通过人机对话获得用户的行为模型,并给出了一些指导建议。

随着智能手机、平板电脑等移动设备逐渐被广泛应用,针对移动设备或移动环境的用户模型的研究也越来越多。由于移动环境本身有移动性的特点,加之移动设备本身的多尺寸、多分辨率以及有限的处理能力等特性,使得移动环境下的用户模型与普通的 PC 环境下的用户模型的构建方法有很大的不同。因此,近年来有不少研究集中在移动环境下用户模型的相关研究。

Tim^[8]等人以普通手机作为研究对象,将用户模型进行模块化分解,给出了基于模型的用户界面设计指导,并以短信收发为例,对模型进行了初步验证。该研究以普通手机作为研究对象,是使用用户模型提供用户界面呈现的很好的尝试。但是移动设备越来越多样化和智能化,扩展了移动设备人机交互的通道,因此仅以某一类普通移动设备作为研究对象,不符合人们使用移动设备的现状。Anar^[9]等人通过直接获取移动设备本身的硬件信息,比如尺寸、分辨率等信息,对不同的用户行为进行分类,然后根据当前移动用户的上下文信息,预测用户的行为;该研究给出一个自适应的浏览器界面,改善了用户使用移动设备浏览网页的用户体验。Dinesh^[10]等人通过分析智能手机上的传感器数据,结合分类器,最终分析出在一个小组间的协同讨论的环境下,人们之间的交流的方式;由于技术的限制,该项研究只针对协同讨论的环境,并且只将人们间的交流方式分成了头脑风暴与决策制定两类,具有很大的局限性。Raul^[11]等人利用移动设备上的 GPS 等绝对位置获取装置获取用户使用移动设备时的绝对位置,并通过建立了一个两层的分类器,首先使用基于时间的聚类技术对位置点进行聚类,并且发现丢失的位置点,然后对相邻点聚类以找到用户的停留区域;经过进一步的分析,找到用户感兴趣的位置。

当前针对移动环境下用户模型的研究工作,大都是针对移动设备上的用户模型的研究,在一定程度上改善了用户体验,但是这些工作存在以下不足:首先,这些研究大都是通过利用移动设备的某一单一特性或同一类特

性进行移动环境用户模型的构建,并没有综合利用各种移动环境信息,得出的结果只适用于某些特定的领域,具有较大的局限性;其次,研究对象都是使用单一移动设备的用户,但当前环境下,移动设备多种多样,一个用户使用多个移动设备的情况非常普遍,因此这些研究并不能作为合适的模型指导移动设备的用户界面的开发。

基于以上问题,我们给出一个基于活动理论的用户模型 UM2,它综合了用户使用移动设备的多种参数,将用户、上下文环境、对象及行为等统一研究,建立了移动环境下的用户模型,使得该模型能够指导移动环境下智能用户界面的设计开发。

2 Uniform Mobile User Model (UM2)

2.1 UM2模型描述

活动理论是心理学家 Vygotsky 等人提出的^[12],主要通过将活动进行层次的分割,应用于对人类活动进行分析和建模.近年来,活动理论在人机交互及用户界面的研究领域正开始受到广泛的关注^[12,13,21],它为研究在环境上下文中理解和描述用户与信息交互过程提供了框架,进而指导人机交互及界面设计^[12,13].本节将以活动理论为基础,介绍移动环境下的用户模型 Uniform Mobile User Model(UM2).

在活动理论中,活动由主体、客体、工具、共同体、规则以及劳动分工六部分组成,它强调主体对客体进行的活动是在多种因素参与下发生的,而不只是对主体、客体及各种因素孤立的行为.我们参考该模型中主客体的定义,特别对移动环境下的各类因素进行了详细的描述,将 UM2 定义成一个四元组的组合,这 4 部分分别为用户(user),上下文(context),对象(object)以及行为(action).

定义 1. 形式上,UM2=(User,Context,Object,Action).其中,User 唯一标识一名用户,Context 表示上下文信息,Object 表示用户使用移动设备的客体,Action 表示设备的各种行为.

用户指移动环境中的主体,它由一个用户的唯一标识符及用户的特征两个部分组成,其中用户的唯一标识符可以用来区别使用移动设备的不同的用户,它可以通过用户使用时的登陆相关的信息获得;用户的特征辅助用户的唯一标识符对用户进行分类,该项为可选项.

上下文指持有或使用移动设备时用户所处的环境信息.该类信息主要指通过移动设备软硬件获取的诸如系统时间、绝对位置坐标、设备运动状态等信息.在我们定义的用户模型中,上下文由 Time,Loc,Surd,Mot,Soc 组成,5 类数据的详细定义如下,其中各项对应的具体含义及获取方式见表 1.

定义 2. 形式上,上下文是一个有限元组的组合:Context={ (Time0|Loc0|Surd0|Mot0|Soc0), (Time1|Loc1|Surd1|Mot1|Soc1), ..., (Timen|Locn|Surdn|Motn|Socn) }.其中,Time 为时间信息,Loc 为位置信息,Surd 为附近信息,Mot 为行为信息,Soc 为社交信息.

定义 3. 形式上,Time=(Hour,Minute,Second).其中,Hour,Minute,Second 分别表示小时、分钟及秒的信息.

定义 4. 形式上,Loc=(Longitude,Latitude).其中,Longitude 表示经度信息,Latitude 表示纬度信息.

定义 5. 形式上,Surd 是一个有限元组的组合:Surd={ (ID0,Con00,Con01, ..., Con0n), (ID1,Con10,Con11, ..., Con1n), ..., (IDm,Conm0,Conm1, ..., Conmn) }.其中,ID 为用户唯一标识符,Con 为当前环境信息.

定义 6. 形式上,Mot=(MotX,MotY,MotZ,MotA).其中,MotX,MotY,MotZ 分别表示当前位置相对于标准坐标的三维坐标值,MotA 表示当前的加速度值.

定义 7. 形式上 Soc={ (Softinfo0|Type0|Value0), (Softinfo1|Type1|Value1), ..., (Softinfon|Typen|Valuen) }.其中 Softinfo 为获取数据的社交软件源,Type 为社交数据类型,Value 为具体的社交数据值.

对象指用户使用移动设备的客体,这包括正在使用的设备的硬件信息及正在使用的应用程序的软件信息.用户所使用的移动设备的硬件信息包括设备的型号、处理器类型、屏幕分辨率等等,主要通过各类操作系统提供的系统函数获得.用户所使用的软件信息包括软件类型、软件版本等,主要通过各类操作系统提供的内容共享机制获得.

定义 8. 形式上,Object=(Hard,Soft).其中 Hard 表示用户所使用的移动设备的硬件信息,Soft 表示用户所使用的软件信息.

Table 1 Meanings and obtaining methods of context items

表 1 上下文各项含义及获取方式

参数	全称	含义	获取方式
Time	Time data	时间信息.表示用户使用移动设备时的时间信息	通过移动操作系统提供的接口获得
Loc	Location data	位置信息.表示用户所持移动设备的地理位置	通过移动设备提供的 GPS 或者网络(3G,Wifi)获得
Surd	Surrounding data	附近信息.表示用户所持移动设备周围的其它设备信息	通过蓝牙建立连接,并获得周围其他移动设备的各类信息
Mot	Motion data	行为信息.表示用户所持移动设备的行为,如运动速度、屏幕方向等等	通过设备提供的加速度计和陀螺仪获得
Soc	Social data	社交信息.表示用户持有的移动设备中记录并可访问的社交信息	通过移动设备安装的各类社交软件提供的开放接口获得

定义 9. 形式上,Hard 是一个有限元组的组合,Hard=(Con0,Con1,...,Conn).其中,Con 表示当前硬件信息.

定义 10. 形式上,Soft 是一个有限元组的组合,Soft=(Con0,Con1,...,Conn).其中,Con 表示当前软件信息.

行为在用户模型中具体指在用户、上下文、对象三者约束下,移动设备的软硬件的各种行为.在移动设备方面,表现为设备提供的各种用户界面,这包括软件及硬件界面,如不同的软件风格、软件尺寸、反馈方式(如硬件的震动反馈)等等.

2.2 UM2模型构建框架

用户模型不仅有静态的描述,还需要动态的模型构建过程.模型的动态构建过程包括模型信息的获取、分析及反馈等.本文给出的UM2模型的构建过程框架如图1所示.该框架主要由3部分组成,分别是模型数据采集,模型分析及用户界面呈现.

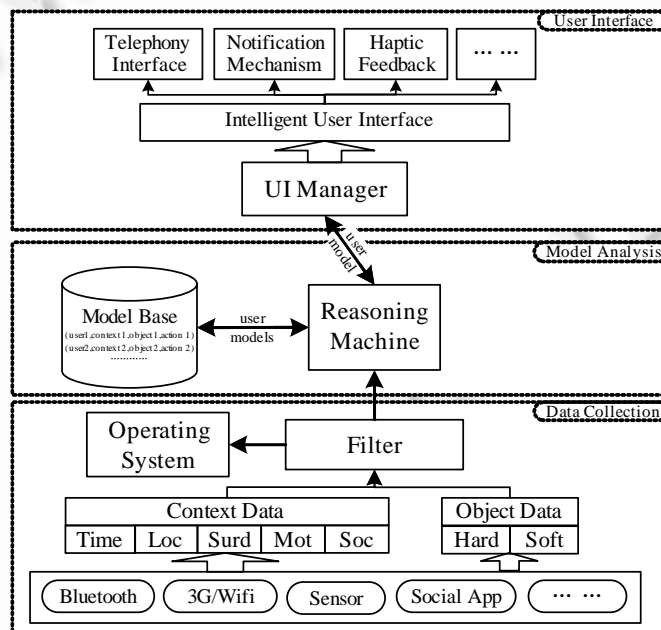


Fig.1 Architecture of UM2 model

图 1 UM2 模型构建框架

模型数据采集是获取各种构建用户模型相关的可得到的数据.用户模型数据的采集是一个状态转换的过

程,在进入数据采集状态后,会通过访问操作系统提供的相关接口,得到当前用户的信息;在确定用户以后,进入上下文收集状态,该状态通过蓝牙、无线网络、传感器、社交程序等采集到各种数据,包括上下文数据如时间、位置、行为、社交数据等等;在该过程中,会通过蓝牙查找到周围的环境或设备信息,并进入暂时的中断来获取周围环境的数据并更新用户模型;在整个状态转换过程中,会遇到各种阻塞情况(如操作系统死机等),在重新开始时,首先要判断当前用户,然后进入上下文收集状态采集用户模型数据.过滤器(filter)是数据采集部分的主要模块,它有两个作用,第一是作为状态机的控制装置,对数据采集的状态进行控制,采集到相应的用户模型数据,并及时的更新以提供给推理机.第二,由于不同的移动设备提供不同的硬件支持以及软硬件访问权限,所以需要通过对过滤器,得到合适的软硬件信息,这些信息包括当前移动设备支持的,并且可以访问的软件及硬件.通过状态机控制及设备信息过滤,最终采集到模型的用户、上下文及对象的数据,并发送给模型分析部分进行推理和分析的操作.

模型分析将获得的各种模型数据传送给推理机(reasoning machine).在输入端,推理机可以接收数据采集部分获得的各种数据作为推理的目标数据;在推理过程中,随时访问模型库,获得各种相关的模型数据辅助推理;除此以外,推理机还可以接收由界面管理器(UI manager)返回的完整的模型数据,来改进推理的性能.在输出端,推理机可以将推理的结果输出到界面管理器,以指导设计基于不同用户模型的智能用户界面;还可以将界面管理器返回的模型数据输出到模型库中,这些数据可以在下一次推理时被用到,因此可以持续地改进模型分析部分的性能.推理机使用了改进的 VSM 算法,该算法将在下一节详细描述.

用户界面呈现是通过界面管理器对用户模型进行分析,并反映到最终用户界面中去.它接收模型分析部分的结果,结合不同的用户行为数据,提供不同的界面支持,如不同运动环境下的通话界面(telephony interface)、不同情景下的通知机制(notification mechanism)、不同行为方式下的反馈界面(haptic feedback)等.另外,它可以收集用户对于提供的界面的不同反馈,并将其返回到模型分析部分,不断修正用户模型的细节.整体收敛性的方法,对于初值的选择没有苛刻的要求.

3 UM2 模型预测算法

我们使用改进的 VSM(向量空间模型)算法来实现推理机的推理和学习.VSM 由 Salton^[14]等人提出,是一个应用于信息过滤、查找及评估的代数模型.它首先被应用在了文本分析及检索,之后被应用于自适应用户界面以及推荐系统,并取得了很好的效果.本文使用的推理算法基于 VSM 算法,针对移动环境下用户模型的特性对算法进行了改进.并且考虑到移动设备的有限计算能力,在进行相似度计算时进行项的裁剪和优化,降低了相似性的计算空间,提高了算法的效率.算法流程如图 2 所示.

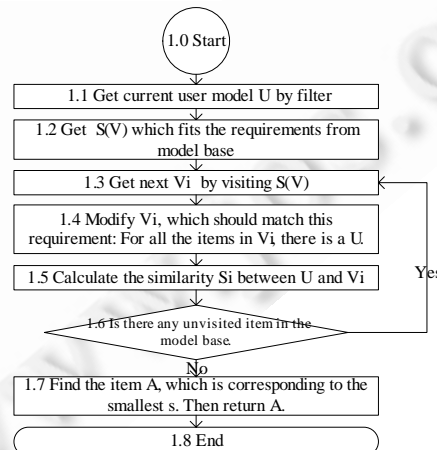


Fig.2 Flow chart of reasoning algorithm

图 2 推理算法流程

在该算法流程中,步骤 1.2 需要获得合适的模型项的集合,该部分的伪代码如下.其中 w 表示获取模型数目的阈值, \tilde{v} 表示参数 v 对应的用户模型的项.步骤 1.4 需要根据要求对取得的项进行裁剪,裁剪满足对于任意的 V_i 中的项, U 均有项与其对应.通过这两个步骤的优化,可以获得最合适的用户模型的集合,来进行相似度及用户模型预测的计算.这样减少了不必要的复杂计算,降低了相似性的计算空间,提高了算法的效率,符合移动设备的有限计算能力的特点.

```

FOR EACH  $V_i$  in ModelBase
  IF  $\exists \tilde{v} \in V_i$  AND  $\tilde{v} \in U$ 
    将  $V_i$  添加到链表  $L$  中;
    计算相同项的数目  $N_i$ ;
IF  $L$  的长度  $> w$ 
  sort  $L$ ;
  RETURN  $L$  的前  $w$  项;
ELSE
  RETURN  $L$ ;

```

下面介绍相似度计算公式.我们使用向量 \vec{v}_i 表示模型库中存储的用户模型信息,它遵循之前定义的用户模型描述.其中 U_{ij} 表示第 i 组用户模型信息的第 j 组用户数据特征值, C_{ij} 表示第 i 组模型信息的第 j 组上下文数据特征值, O_{ij} 表示第 i 组模型信息的第 j 组客体数据特征值, A 表示第 i 组模型信息的行为描述.

$$\vec{v}_i = (U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{im}, C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{in}, O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{io}, A_i) \quad (1)$$

我们使用向量 \vec{W} 来表示当前获得的用户模型信息如下,其中, U_i, C_i, O_i 分别表示当前获得用户模型信息的用户、上下文及客体数据的特征值.

$$\vec{W} = (U_1, U_2, \dots, U_m, C_1, C_2, \dots, C_n, O_1, O_2, \dots, O_o) \quad (2)$$

我们定义用户模型的相似度计算的公式如下,其中 $SIM(\vec{v}_i, \vec{W})$ 指根据已知模型以及当前获得的模型信息计算的相似度,其计算过程为计算向量的余弦值.通过计算得到一个 0~1 之间的 $SIM(\vec{v}_i, \vec{W})$ 值,当 $SIM(\vec{v}_i, \vec{W})$ 趋近于 1 时,两个用户模型的相似度高;当 $SIM(\vec{v}_i, \vec{W})$ 趋近于 0 时,两个模型的相似度低.将该相似度算法的公式应用到整个改进的 SVM 算法(图 2)中,即可以完成用户模型的构建过程.

$$\begin{aligned}
SIM(\vec{v}_i, \vec{W}) &= \cos(\vec{v}_i, \vec{W}) = \frac{\vec{v}_i \cdot \vec{W}}{|\vec{v}_i| \times |\vec{W}|} = \frac{\sum_{k=1}^{m+n+o} (V_{ik} \times W_{ik})}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m+n+o} (V_{ik} \times V_{ik}) \times \sum_{k=1}^{m+n+o} (W_{ik} \times W_{ik})}} \\
&= \frac{\sum_{k=1}^m (V_{ik} \times W_{ik}) + \sum_{k=1}^n (V_{ik} \times W_{ik}) + \sum_{k=1}^o (V_{ik} \times W_{ik})}{\sqrt{\left(\sum_{k=1}^m (V_{ik} \times V_{ik}) + \sum_{k=1}^n (V_{ik} \times V_{ik}) + \sum_{k=1}^o (V_{ik} \times V_{ik}) \right) \times \left(\sum_{k=1}^m (W_{ik} \times W_{ik}) + \sum_{k=1}^n (W_{ik} \times W_{ik}) + \sum_{k=1}^o (W_{ik} \times W_{ik}) \right)}}
\end{aligned}$$

4 原型系统及实验分析

在本节中,我们介绍基于 UM2 模型开发的原型系统——智能思维导图系统(AM).这是一款思维导图系统,基于 Android 2.1 开发平台.主要功能包括创建并编辑思维导图、协同讨论时共享思维导图视图,此外,为验证模型的可行性,我们为该系统添加了智能反馈界面,即可以根据用户的设置提供或不提供声音及振动反馈效果.该系统的底层使用我们定义的用户模型及模型构建框架,通过收集并分析用户模型,给出合适的用户界面.我们选取 6 名被试者,6 名用户中,4 名男性,2 名女性.首先,我们在两款移动设备上预装 AM 软件.对于每名用户而言,要求其根据自己的日常行为使用华为 U8500 智能手机或 MID 平板电脑,时间为两天,并要求用户在这两天中尽

可能使用两种设备及 AM 系统.通过这样一次非正式的实验,观察原型系统在不同的环境下的用户界面,并对实验数据进行分析.

经过分析实验数据,我们发现在本次实验中,用户模型构建所使用的项见表 2,虽然本次实验没有将社交信息作为模型构建的一部分,但依然能够很好地给用户界面的呈现提供指导.我们截取部分界面如图 3 所示,其中图 3(a)与图 3(b)的软硬件及上下文信息类似,而且都是智能手机所展示的界面;图 3(c)与图 3(d)的软硬件及上下文信息类似,是平板电脑所展示的界面.其中,图 3(a)所示界面有两名用户被推荐使用,图 3(b)所示界面有 4 名用户被推荐使用,这主要学习了用户在特定的软硬件环境下对思维导图的不同操作.图 3(c)所示界面有 3 名用户被推荐使用,图 3(d)所示界面有两名用户被推荐使用,这主要学习了用户在特定的软硬件环境下进行协同的思维导图操作时的使用习惯.

Table 2 Items used in user modeling

表 2 用户模型构建使用项

项 图	User	Hard	Soft	Time	Loc	Surd	Mot	Soc
3.1	√	√	√	—	√	—	√	—
3.2	√	√	√	—	—	√	—	—
3.3	√	√	√	—	√	—	√	—
3.4	√	√	√	—	—	√	—	—

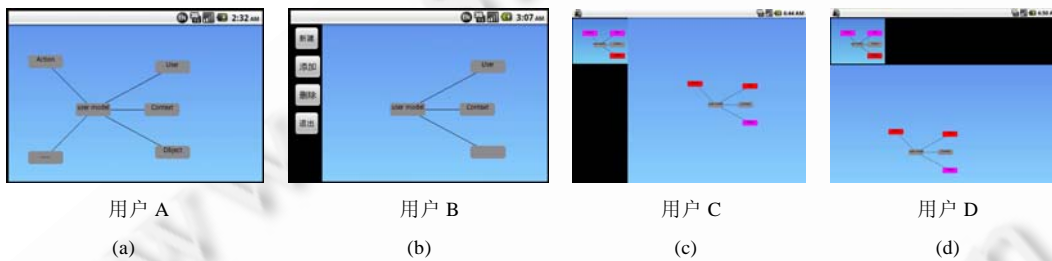


Fig.3 User Interfaces of AM

图 3 智能思维导图系统界面

除此之外,我们还发现了一些有趣的现象.有一名用户在 3 个不同的地理位置使用同智能手机上的 AM 软件时,被推荐了 3 种不同的用户界面.在进行协同思维导图的创作时,有一名用户完全不关心合作者的创作过程,所以他在该用户模型下的界面没有显示合作者的思维导图创建情况.这些现象从侧面说明了根据用户模型为不同的用户提供智能用户界面的必要性.

5 结束语

本文根据移动设备使用现状,基于活动理论,通过分析用户日常使用移动设备的场景,将用户、上下文环境、对象及行为等统一纳入活动的研究框架,建立了移动环境下的用户模型 UM2,并给出用户模型的构建过程中的核心算法,最后通过应用实例验证了模型的可行性.该工作统一了移动环境下的用户模型,为使用各类移动设备的用户开发智能用户界面提供了指导.基于本文的研究结果,今后还可以开展进一步的工作.

首先,对于模型本身,我们对社交信息的描述没有进行深入的剖析.由于移动互联网的飞速发展,各类社交网站都推出了对应的移动版本及开放接口,这些社交信息对于分析用户的行为,更好的建立用户模型非常重要.但是由于社交网站及开放接口的多样性,使得从开放接口中提取社交数据并进行分析成为一个复杂的工程.我们会在今后的工作中添加对社交信息的支持.

其次,移动设备用户的隐私问题.本用户模型如果能高效的工作,需要依赖于用户开放足够的个人信息,以利于获得完备的用户模型,并进行用户行为的学习和预测.本文的智能思维导图系统使用 Android 提供的用户

隐私设置,开放了所有需要的个人信息访问权限,并未对限制各类访问权限的条件下进行实验.因此,从社会学角度考虑对限制各类移动设备访问权限进行实验,是需要我们联合各类社会学专家继续深入进行的工作.

最后,本文使用的算法进行了优化,可以满足日常使用移动设备的需求.但是,人们移动设备的数量会急剧增长,且每个人将会使用更多的移动设备;并且,从更广泛的意义上说,各类无线耳机、非智能手机等也属于移动设备的范畴.要将更广泛的移动设备纳入到用户模型的构建中来,移动设备本身的计算能力会渐渐不能满足计算要求.因此,将云计算平台与本文所描述的用户模型结合起来,将推理工作交由云端处理,将是很好的尝试.

References:

- [1] Kobsa A. User modeling: Recent work, prospects and hazards. *Human Factors in Information Technology*, 1993,10:111-125.
- [2] Langley P, Hirsh H. User modeling in adaptive interfaces. *Courses and Lectures-International Centre for Mechanical Sciences*, 1999. 357-370.
- [3] Jean-David R, Christophe D. APE: Learning user's habits to automate repetitive tasks. In: *Proc. of the 5th Int'l Conf. on Intelligent User Interfaces*. New Orleans: ACM Press, 2000. 229-232.
- [4] Fischer G. User modeling in human-computer interaction. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2001,11(1):65-86.
- [5] Alfred K. Generic user modeling systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2001,11(1-2):49-63.
- [6] Perrault CR, Allen JF, Cohen PR. Speech acts as a basis for understanding dialogue coherence. In: *Proc. of the Theoretical Issues in Natural Language Processing-2*, 1978.
- [7] Cohen PR, Perrault CR. Elements of a plan-based theory of speech acts. *Cognitive Science*, 1979,3:177-212.
- [8] Clerckx T. A task-driven user interface architecture for ambient intelligent environments. In: *Proc. of the 11th Int'l Conf. on Intelligent User Interfaces*. Sydney: ACM Press, 2006. 309-311.
- [9] Gasimov A. CAMB: Context-Aware mobile browser. In: *Proc. of the 9th Int'l Conf. on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. Limassol: ACM Press, 2010. 1-5.
- [10] Jayagopi DB. Recognizing conversational context in group interaction using privacy-sensitive mobile sensors. In: *Proc. of the 9th Int'l Conf. on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. Limassol: ACM Press, 2010. 1-4.
- [11] Montoliu R, Gatica-Perez D. Discovering human places of interest from multimodal mobile phone data. In: *Proc. of the 9th Int'l Conf. on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. Limassol: ACM Press, 2010.
- [12] Nardi BA. *Activity Theory and Human-Computer Interaction*. Cambridge: MIT Press, 1996. 5-22.
- [13] Ryder M. 2006. http://carbon.cudenver.edu/~mryder/itc_data/act_dff.html
- [14] Salton G. A vector space model for automatic indexing. *Communications of the ACM*, 1975,18:613-620.
- [15] Montero CS. Would you do that? Understanding social acceptance of gestural interfaces. In: *Proc. of the 13th Int'l Conf. on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*. New York: ACM Press, 2010. 275-278.
- [16] Korhonen H. Analysing user experience of personal mobile products through contextual factors. In: *Proc. of the 9th Int'l Conf. on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. Limassol: ACM Press, 2010.
- [17] Do TMT, Gatica-Perez D. By their apps you shall understand them: mining large-scale patterns of mobile phone usage. In: *Proc. of the 9th Int'l Conf. on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. Limassol: ACM Press, 2010.
- [18] Danico L, Costas T. Intelligent data entry assistant for XML using ensemble learning. In: *Proc. of the 10th Int'l Conf. on Intelligent User Interfaces*. 2005.
- [19] Bao XL. Fewer clicks and less frustration: Reducing the cost of reaching the right folder. In: *Proc. of the 11th Int'l Conf. on Intelligent User Interfaces*. 2006.
- [20] Hennig S, Van den Bergh J, Luyten K, Braune A. User driven evolution of user interface models—The FLEPR approach human-computer interaction. In: *INTERACT 2011*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. 610-627.
- [21] Deng CZ, Ao X, Zhou MJ, Xu LS, Tian F, Dai GZ. Activity-Centered personal information management. *Journal of Software*, 2008,19(6):1428-1438 (in Chinese with English abstract). <http://www.jos.org.cn/1000-9825/19/1428.htm> [doi: 10.3724/SP.J.1001.2008.01428]

- [22] Chen MX, Ren L, Tian F, Deng CZ, Dai GZ. Post-WIMP user interface model for personal information management. Journal of Software, 2011,22(5):1082-1096 (in Chinese with English abstract). <http://www.jos.org.cn/1000-9825/3749.htm> [doi: 10.3724/SP.J.1001.2011.03749]

附中文参考文献:

- [21] 邓昌智,敖翔,周明骏,徐礼爽,田丰,戴国忠.以活动为中心的个人信息管理.软件学报,2008,19(6):1428-1438. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/19/1428.htm> [doi: 10.3724/SP.J.1001.2008.01428]
- [22] 陈明炫,任磊,田丰,邓昌智,戴国忠.一种面向个人信息管理的 Post-WIMP 用户界面模型.软件学报,2011,22(5):1082-1096. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/3749.htm> [doi: 10.3724/SP.J.1001.2011.03749]



杜一(1988-),男,山东聊城人,博士生,主要研究领域为人机交互技术,用户界面开发.



王锋(1971-),男,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为人机交互技术,并行计算.



田丰(1976-),男,博士,主要研究领域为人机交互技术,虚拟现实.



王宏安(1963-),男,博士,研究员,博士生导师,CCF 高级会员,主要研究领域为人机交互技术,实时数据库.



戴国忠(1944-),男,研究员,博士生导师,CCF 高级会员,主要研究领域为人机交互技术,笔式用户界面.