软件学报 ISSN 1000-9825, CODEN RUXUEW
Journal of Software,2014,25(3):439−456 [doi: 10.13328/j.cnki.jos.004521]
©中国科学院软件研究所版权所有.
E-mail: jos@iscas.ac.cn
http://www.jos.org.cn
Tel/Fax: +86-10-62562563

移动用户需求获取技术及其应用*

孟祥武[1,2], 王 凡[1,2], 史艳翠[1,2], 张玉洁[1,2]

[1](智能通信软件与多媒体北京市重点实验室(北京邮电大学),北京 100876)

[2](北京邮电大学 计算机学院,北京 100876)

通讯作者: 孟祥武, E-mail: mengxw@bupt.edu.cn, http://scs.bupt.edu.cn/cs_web

摘 要: 近年来,移动用户需求获取技术已成为移动个性化服务研究领域的热点之一.如何利用移动上下文信息进一步提高移动个性化服务的精确性和实时性,成为移动用户需求获取技术的主要任务.对移动用户需求获取技术研究进展进行综述,并对其关键技术、效用评价、应用实践进行前沿概括、比较和分析,最后,对移动用户需求获取技术有待深入的研究难点和发展趋势进行了展望.

关键词: 移动个性化服务;移动用户需求获取技术;移动上下文;效用评价

中图法分类号: TP311 **文献标识码**: A

中文引用格式: 孟祥武,王凡,史艳翠,张玉洁.移动用户需求获取技术及其应用.软件学报,2014,25(3):439−456. http://www.jos.org.cn/1000-9825/4521.htm

英文引用格式: Meng XW, Wang F, Shi YC, Zhang YJ. Mobile user requirements acquisition techniques and their applications. Ruan Jian Xue Bao/Journal of Software, 2014,25(3):439−456 (in Chinese). http://www.jos.org.cn/1000-9825/4521.htm

Mobile User Requirements Acquisition Techniques and Their Applications

MENG Xiang-Wu[1,2], WANG Fan[1,2], SHI Yan-Cui[1,2], ZHANG Yu-Jie[1,2]

[1](Beijing Key Laboratory of Intelligent Telecommunications Software and Multimedia (Beijing University of Posts and Telecommunications), Beijing 100876, China)

[2](School of Computer Science, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Corresponding author: MENG Xiang-Wu, E-mail: mengxw@bupt.edu.cn, http://scs.bupt.edu.cn/cs_web

Abstract: Mobile user requirements acquisition techniques, aiming to further improve performance accuracy and real-time by fully utilizing mobile contextual information, have recently become one of the hottest topics in the domain of mobile personalized services. This paper presents an overview of the field of mobile user requirements acquisition techniques, including key techniques, evaluation, and typical applications. The prospects for future development and suggestions for possible extensions are also discussed.

Key words: mobile personalized services; mobile user requirements acquisition techniques; mobile context; evaluation

随着宽带无线接入技术的迅速发展以及移动终端(例如智能手机、PDA、平板电脑等)在硬件和软件方面的不断改进,用户根据需要可以随时随地甚至在移动过程中获取网络服务,例如天气预报、实时新闻、体育娱乐、交通信息及股票投资等最新的咨询服务和多媒体娱乐服务.然而,移动通信网提供的话音服务、广播服务、短消息服务等传统工作模式,使得用户手机常常收到一些垃圾信息,或者,用户正在寻找的感兴趣的信息已被海量的移动网络服务淹没,严重影响了用户体验,甚至导致用户放弃使用相应的服务.如何吸引更多的新用户、留住老用户,成为各大商家亟待解决的核心问题.移动个性化服务是解决该问题的有效途径,其目标是创新服务模式,用智能的、主动的、信息找人的推送模式,代替陈旧的、被动的、人找信息的搜索模式[1].

* 基金项目: 国家自然科学基金(60872051); 北京市教育委员会共建项目专项资助

收稿时间: 2013-05-24; 修改时间: 2013-10-11; 定稿时间: 2013-11-11; jos 在线出版时间: 2013-12-05

CNKI 网络优先出版: 2013-12-05 13:37, http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2560.TP.20131205.1337.002.html

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

向用户提供高质量的移动个性化服务的基础和前提条件是:及时、准确获取用户需求.虽然对软件工程中的需求工程的研究由来已久,并取得了许多研究成果[2],但都是针对软件系统的需求而言,仅能对固定用户需求进行响应,而不能处理系统范围之外的用户需求,更谈不上针对用户的个性化服务.近年来,Web 服务工程中的用户需求研究领域也有大量的工作[3],但主要侧重于理论方面,提出了一些概念性的需求分析方法或框架,没有涉及到用户需求模型,更没有对用户需求进行深刻的分析和理解.目前,个性化服务研究领域中用户需求获取技术的研究还处于探索阶段[4],对移动用户需求获取技术方面的研究更少.与传统网络相比,用户接入的无线移动通信网络(例如 2G 网络、3G 网络、WLAN 等)的带宽有限、延迟长、连接稳定性、可预测性差;与台式机相比,移动终端也存在信息处理能力低、电池持续使用时间短、显示屏幕小、输入/输出不便等不足之处;而且移动网络环境下,用户周围的上下文复杂多变,对用户需求的影响更加明显[5].因此,在充分考虑用户的主客观感受基础上,如何结合这些特点,实时、准确地获取用户在不同上下文(例如时间、位置等)影响下对各种移动网络服务的需求,提供其真正感兴趣的、符合约束的移动个性化服务,实现服务按需提供、内容按需推荐,将有助于打破现有的服务模式,实现未来移动通信以用户为中心的服务模式与创新,提高用户的满意度.

虽然移动用户需求获取技术具有重要研究意义和实用价值,但目前,国内外工业界和学术界对该方面的研究还处于起步阶段,仅有意大利波尔察诺自由大学[6]、德国慕尼黑工业大学[7]、加拿大圭尔夫大学[8−10]、韩国国民大学[11,12]、美国麻省理工学院[13]、香港科技大学[14]、西北工业大学[15]、北京邮电大学[16−28]等单位涉及该方面的研究.鉴于此,我们有必要跟踪学习和总结移动用户需求获取技术研究现阶段的研究成果,并深入分析和预测其发展趋势,以期更好地进行未来研究工作.

本文第 1 节对移动用户需求获取技术进行概述,包括基本概念和特点,以及传统用户需求获取技术以及两者异同.第 2 节重点介绍移动用户需求获取技术基本框架,并对其关键技术进行归类、总结.第 3 节对移动用户需求获取技术的应用领域及其现状进行描述.第 4 节对有待深入研究的难点和发展趋势进行了展望.

1 移动用户需求获取技术概述

1.1 传统用户需求获取技术

用户需求获取技术源自 20 世纪 70 年代末出现的用户建模技术,当时,Rich[28]通过收集用户的某些特定数据将用户划分为不同类别的思想,并提出用户模型分类的 3 个维度:长期/短期、显式/隐式、个人/群组,他还在此基础上构建了 GRUNDY 系统来验证该思想.这些研究成为用户建模技术的雏形.此后近 10 年,许多研究者延续该思想,研发了大量的应用程序用于收集各类用户信息,并让系统自动适应这些数据.但在这些系统中,所有工作是由一个应用程序完成的,没有形成单独的用户建模组件,在很大程度上阻碍了对用户建模技术的进一步深入研究以及对已有成果的重用.Wahlster 等人[29]提出了定制用户建模组件的思想,并在 GUMS(general user modeling system)系统中提供了定义可重用的用户建模组件方法.该系统允许用户自定义简单的构造类型及其层次结构,对于每一个构造类型,用户可以使用 Prolog 论据来表述其成员以及相应的推理机制.在此基础上,Kobsa[30]进一步提出了用户建模核系统(user modeling shell system)的概念,将其定义为开发独立的、可灵活嵌入应用程序的可重用用户建模组件,开发者可以利用领域用户模型知识对特定应用的用户建模组件定制服务,同时还提出了解决用户兴趣、行为等特征的表达及推理的基本方法.

20 世纪 90 年代中后期,随着各种网络应用的用户数量急剧增加,用户建模技术开始应用于互联网领域的个性化服务研究.如何有效地结合机器学习、数据挖掘等日益成熟的人工智能技术,构建适应性和准确性更强的用户模型,成为个性化服务研究领域的研究热点之一.

从整体看,传统用户建模技术主要有以下几种:① TF-IDF 方法.Letizia[31]将用户感兴趣的文档表示成关键词向量,并计算出每个关键词权重来建立用户模型;② 聚类.Mobasher 等人[32]将用户会话和页面请求聚类,每个聚类捕捉了一个用户子集行为的综合特征,这些特征构成该用户组的综合模型;③ 决策树归纳.Syskill&Webert[33]将用户偏好的获取过程表达成一棵决策树,用户从根节点开始,被引导来回答一系列问题.一旦叶节点被达到,可得到对用户偏好的完整描述;④ 贝叶斯分类.Mooney 等人[34]计算用户浏览或购买过的项目

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

属于某个类的概率,然后依据概率将项目分类来建立用户对这些项目的偏好模型.在实际应用中,通常会采用上述一种或几种方法相结合来进行建模.

随着时间的推移,用户的需求会发生变化.如何检测这些变化并做出适应[35],对个性化服务具有重要的研究价值.目前,用户模型更新技术主要分为 3 类:① 信息增补技术.Letizia 系统[31]将用户新的反馈信息增加到用户模型中,调整用户模型中新、旧信息的权重,无效的旧信息将随其权重的不断减小而最终从模型中被删除,但该方法很容易受到新信息选择方法和被增加的新信息数量的影响;② 遗传算法.Shahabi 等人[36]将用户模型编码成一个染色体,并随机产生其他染色体作为初始种群.当初始种群进化迭代到满足终止条件时,用解码适应度最高的染色体来取代系统目前的用户模型即可实现更新;③ 神经网络技术.当用户偏好随时间发生变化时,神经网络将自适应地调整网络连接权重,更新网络输出的识别结果来跟踪这种变化[37].有的更新只在原有类别的基础上对新旧偏好信息进行分类调整,有的则建立新的识别类,并删除代表过时知识的识别类,来对应于用户新兴趣的兴起和旧兴趣的衰亡.通常,以神经网络作为学习技术的系统才用其作为更新技术.

1.2 移动用户需求获取技术基本概念及其特点

移动用户需求获取技术是指在复杂、融合、协作、泛在的移动网络环境下,通过跟踪、学习用户的兴趣、偏好以及性格特征等信息,实时、准确地发现不同用户对各种移动网络服务的需求,并对其变化做出适应和调整.值得一提的是,各种文献涉及的术语,如用户偏好、用户兴趣、用户建模、用户描述文档、用户需求等,在语义内涵上有相通之处.用户需求由客观条件决定,用户偏好或用户兴趣是在其心理导向下由客观需求状态所激发的,用户有时不一定对自己的客观需求有很准确的把握,甚至可能会产生错误的理解.用户偏好或用户兴趣不断刺激用户思维,形成定势,从而使用户需求的主观状态和客观状态趋于一致[38].因此,用户需求更具有普遍性.本文中的用户需求是包含用户偏好、用户兴趣在内的、广义上的业务需求,用户建模、用户描述文档则是用户需求获取技术中的关键技术.

移动用户需求获取技术具有以下几个特点:

1) 绑定性

移动终端个人化、私有化等特点,使移动用户具有更为明确、真实可靠的用户标识,并方便从概貌层面对移动用户进行刻画[39].例如,移动用户的人口统计学数据通常由移动用户在注册入网时填写,也可以根据一些机器学习或者数据挖掘技术推理获取(如在移动用户授权许可范围内,可以根据身份证信息获取其籍贯信息、通过移动用户购买行为预测其收入信息、通过移动社交化网络挖掘移动用户的工作/教育背景等).此外,还可以通过某些方式获取移动用户的其他信息,例如:通过移动通信基站获取移动用户地理位置信息或者移动用户轨迹,利用机器学习和数据挖掘技术分析移动通信网用户行为来提取用户属性特征[40].

2) 上下文感知

移动网络环境下,用户需求受上下文影响更加明显,例如,用户喜欢“在乘坐地铁”时通过移动终端浏览新闻,而“休息”时则喜欢玩游戏[27].

3) 动态获取

用户的移动性、终端的移动性,使得用户需求会随着周围上下文的改变(例如位置、陪同人员等)而改变[7].此外,随着时间的推移,用户需求也会阶段性地发生变化,无法一次性完全获取.因此,移动用户需求获取技术是一个动态变化、不断调整和更新的过程[41].

4) 实时性

移动个性化服务对实时性要求较高,例如,根据移动用户当前位置和用户偏好向其推送该区域内购物中心的广告[42,43]等.因此,实时、准确获取移动用户需求很重要.

1.3 移动用户需求获取技术与传统用户需求获取技术异同点

移动个性化服务是传统个性化服务从互联网到移动网络的延伸,但传统用户需求获取技术却不能直接应用到移动用户需求获取技术中[44].两者在思想上是类似的,但在移动网络环境下,用户的移动性、设备的移动性

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

很强,用户周围的上下文变化很快,用户需求受上下文影响更大[5].此外,移动终端屏幕小、输入/输出能力差、处理信息能力有限、无线网络的带宽弱等因素,使其对实时性和精确度要求更高.两者具体差异见表 1.

Table 1 Comparison of different user requirements acquisition techniques

表 1 移动用户需求获取技术和传统用户需求获取技术对比

分类	传统用户需求获取技术	移动用户需求获取技术
用户	主要是互联网用户,数量稳定,客户群体不会有大幅度增加	移动用户,数量大,发展潜力大
终端设备	台式机,硬件配置高,显示屏幕大,信息处理能力强,鼠标、键盘输入快而且方便,不存在电量不足问题	手机、PDA、平板电脑等移动终端具有便携性,处理能力差,屏幕小,手机键盘、触摸屏输入能力差,电池续航能力弱等
接入网络	有线接入互联网,带宽高,网络性能好	无线接入移动通信网络(如 3G、Wifi、GPRS 等),带宽低,延迟长,稳定性差,可预测性差
数据来源	互联网的访问行为和内容,上下文信息等	移动用户的通信行为记录、移动通信网访问行为和内容、上下文信息等
网络资费	费用较少	费用较多,例如流量费、服务定制费等
用户需求获取考虑上下文信息	较少考虑用户上下文信息	上下文对移动用户需求影响更明显,需要实时感知、考虑上下文信息及其变化
实时性	低	较高

2 移动用户需求获取关键技术研究

需求是用户和服务之间的桥梁,通过在服务交互过程中不断对其进行跟踪,才能确保最终提供的服务真正满足用户的需求.现代与未来通信服务研究的目标,就是面向复杂、融合、协作和泛在的移动网络服务提供环境,不断发现和满足移动用户的个性化需求及其变化,准确提供和推荐其真正感兴趣的移动网络服务,提高移动个性化服务的针对性和面向用户的合理性.

本节首先从整体上对移动用户需求获取技术进行概括,得到其基本研究框架;然后,以框架为中心,对框架中的每层涉及到的关键技术的研究进展进行对比、分析和总结.

2.1 移动用户需求获取技术基本框架

纵观目前的研究工作,从面向过程的角度,我们认为移动用户需求获取技术可分为 3 个阶段:移动数据收集、移动用户需求获取、效用评价.这 3 部分内容组成了移动用户需求获取技术基本框架,如图 1 所示.

1) 移动数据收集层

该层位于整个框架的底层,负责收集以下 3 类信息:① 移动用户上下文信息.主要包括用户基本信息(例如性别、职业、年龄、文化程度、专业知识等)、用户生活信息(例如偏好、情绪、社会关系等)和用户行为信息(例如用户和移动业务之间的交互、反馈等);② 移动环境上下文信息.主要包括时空信息(例如时间、位置等)、周围环境实体(例如同伴、餐馆等)、实时自然因素(例如温度、噪音、光线等)以及环境活动等;③ 移动计算上下文信息.主要包括设备能力(例如信号接收能力、显示屏分辨率等)、终端业务、终端环境(例如网络流量、信号强度等)等.

2) 移动用户需求获取技术层

该层是整个框架的核心层:

首先,移动用户需求获取技术可以分为显式获取(用户主动提供或者系统引导用户提供)和隐式获取(根据用户人口统计学特征、用户行为、标签、项目特征等来挖掘用户需求)两种[27].由于移动终端屏幕小和输入/输出能力差,通过显式的用户评分来获取用户需求会严重影响用户的体验,因此常用隐式方法来获取用户需求.目前,隐式获取移动用户需求的技术主要有定量分析和定性分析两种思路[45−47],基于定量分析的移动用户需求获取技术通过数学模型、机器学习与数据挖掘技术(例如余弦相似性、最近邻算法、聚类、Rocchio 方法、决策树、神经网络和贝叶斯分类器等)来实现,该技术有利于展开量化表示和计算,方便生成排序和推荐,使各个具体

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

移动用户偏好之间形成全序关系,但不允许偏好之间的弱序表示,不能直观描述两个具体移动用户偏好之间的关系和逻辑推理;基于定性分析的移动用户需求获取技术通过形式化的数学统计模型、严格偏序模型等实现,该技术有利于描述那些不一定满足全序关系的移动用户偏好,方便处理偏好之间的弱序关系,可以表示任何两个移动用户偏好具体实例间的关系,能够进行逻辑推理,但不能用数字量化表示.

其次,移动用户需求可能随着时间的推移而动态变化.目前,大多数研究采用定期重新提取移动用户需求的办法对其进行更新,计算复杂度较大[16].也有的研究通过分析移动用户的行为日志来判断上下文约束条件下的移动用户行为是否发生变化:若否,只对相应的上下文移动用户偏好的可信度进行修正;若是,则采用分类方法进行学习,减少移动用户需求获取的响应时间和复杂度[16].

此外,通过静态方法获取的用户需求应用在动态环境中可能已经过时,因此不能及时准确地为移动用户提供个性化信息服务,因此,也需要动态地获取移动用户需求[46].

最后,上述工作大部分都是面向单个移动用户的,而在很多时候,面向移动用户群体的需求获取技术也很重要[48].

3) 移动用户需求获取技术效用评价层

该层结合用户隐式或显式的反馈,利用实时性、多样性、精确性、准确性等指标评价移动用户需求获取技术的性能.平均绝对误差 MAE(mean absolute error)、准确率、召回率、$F1$ 指标等,主要是通过客观计算对得到的移动用户需求的准确度进行评价.移动用户满意度则通过用户对系统的显性评分得到,它不仅表现在系统获取的用户偏好信息准确度高,还表现在新鲜性、意外性、多样性、用户对系统的信任度等方面.但关于信任度、新鲜性以及意外性的研究比较少,没有定量的计算标准.

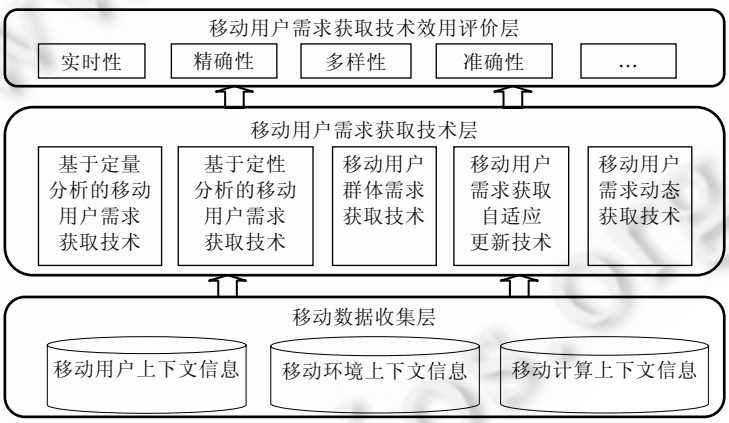


Fig.1 Basic framework of mobile user requirements acquisition techniques

图 1 移动用户需求获取技术基本框架

2.2 移动上下文

“上下文”概念源自 20 世纪 90 年代 Wesier 提出的“普适计算”,目前还没有公认的定义.在移动个性化服务研究领域,虽然移动上下文过滤[49]和移动上下文建模[46,50,51]方面已取得一些研究成果,但对移动上下文还没有明确的定义,需要根据具体应用或者用户需求引入合适的上下文类型及其具体实例[27].本文认为,移动上下文是移动环境下描述用户周围的情况(例如位置、时间、同伴、事件、温度等)并且影响到用户需求和行为的各种信息及其变化的集合.

2.2.1 移动上下文分类

不同学者根据其研究内容和对象的不同,对移动上下文的分类也不相同.Schilit[52]将移动上下文分为 3 类:计算上下文、用户上下文、物理上下文.Chen 等人[53]对 Shilit 的移动上下文分类进行了扩展,增加了时间上下文.Hakkila 等人[54]将移动上下文分为 5 类,分别是物理上下文、用户的目标、终端设备及应用、与人或者服务

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

的联系、与设备的联系.通过总结文献,本文按照用户自身的属性、用户所处的周围环境以及用户使用的终端设备的属性将上下文分为以下 3 类.

1) 移动用户上下文

主要指描述用户状态和行为的相关信息:① 用户基本信息.例如姓名、性别、年龄、身高、体重、职业、收入、教育背景等;② 用户生活信息.例如习惯、偏好、情绪、性格、心理、社会关系(例如用户社交圈以及相关属性,比如朋友、亲戚信息,用户社会地位)等;③ 用户行为信息.主要有:用户历史行为记录,例如过去事件发生时间、重复频率、查询或者搜索历史等;用户当前与移动信息服务互动而产生的需求以及相关行为,例如访问内容、访问次数、持续时间以及用户对移动信息服务的反馈,例如评分等.

2) 移动环境上下文

主要指用户所处环境的物理信息:① 时空上下文.例如日期、季节、基站标志、GPS 坐标、邮政地址、用户路线轨迹等;② 周围环境实体.例如会议室、餐厅、同伴等;③ 实时自然因素.例如光照强度、噪声水平、空气湿度、气候温度、交通状况、风力风向、降水情况、能见度、体感等.

3) 移动计算上下文

主要包括:① 设备能力上下文.记录每个用户终端设备所支持的业务集合(例如软件、音乐、铃声、视频等信息),与手机的型号有关.现在的移动通信网络是由大量异构移动设备组成的新型网络,各种终端设备对业务的支持能力不同,必须基于用户终端,为其提供终端能够支持的业务类型;② 终端业务上下文.记录用户使用移动业务的集合;③ 终端环境上下文.描述终端所在的网络环境状态的信息,如网络流量、信号强度、网络带宽、服务质量、通信成本等.这些网络状态信息决定了在同一时间段内能够传送给用户信息量的大小和传送数据的速率;④ 实时处理并发布从用户上下文和计算上下文中获取的信息,动态响应不同用户的个性化需求.

上述 3 类上下文之间是相互联系的,而且对移动用户需求的影响也不同:需求是用户提出的,不同的移动用户其自己的原因,需求也不同;由于用户需求受周围环境的影响,不同的环境下,同一个用户的需求也是不同的;设备是提到需求的媒介,不同的设备对需求获取的性能有不同的要求.

2.2.2 移动上下文获取

移动用户上下文信息可以通过多种方式获取,例如:移动用户位置信息可以通过 GPS 定位、移动基站定位或者其他技术手段来获取或者推理得到;时间信息可由便携式终端提供;天气、温度信息可以通过互联网中的数据库获得;用户的行为信息可以通过用户的日程安排或者通过挖掘用户的历史行为数据获得.Woerndl 等人[7]采用具有 GPS 功能的设备,如 pocket PC 或者是装有 GPS 接收器的手机来获取用户的位置信息.

2.2.3 移动上下文对用户需求的影响

移动用户在不同地理位置环境下,需求会有所不同[49,50,55,56].将用户位置作为物理标识来使用时,主要利用位置间的距离衡量对移动用户需求影响,还可以进一步对位置进行抽象,例如在家、在办公室、在户外等,便于推理和分类.Girardello 等人[49]利用用户当前位置,分析该位置附近手机应用程序的使用情况,将使用最频繁的应用程序推荐给用户,只考虑位置上下文和应用程序的使用情况,没有考虑移动用户个人偏好对应用程序选择的影响.Yang 等人[50]通过统计分析移动用户访问过的商家网页,得到移动用户的偏好特征向量,使用余弦相似度衡量用户描述文件与商家网页的相似度,同时考虑移动用户与商家间的位置距离,距离远的商家,移动用户的偏好会降低.Setten 等人[56]建议系统为移动用户提供可输入的规则(例如“基于位置而不是价格,为我推荐咖啡馆”),使用户能够显式地指定其关注的推荐上下文因素.此外,位置上下文经常跟其他上下文结合使用[15,55].

时间对移动用户需求的影响也很重要[14,55,57].Zheng 等人[14]使用朴素贝叶斯分类方法对当前时间上下文进行归类,将时间上下文分为工作日和周末,计算项目属于不同类别的概率,但仅考虑移动用户在不同时间段的偏好可能不一致,没有考虑移动用户偏好随着时间的推移所可能发生的变化.Lee 等人[57]考虑移动用户购买项目时间和项目上架时间对移动用户偏好的影响,将用户购买记录按购买时间的先后顺序分成不同的购买分组,将项目按上架时间的先后顺序分成不同的项目组,如早期、中期、目前,用户的偏好主要根据用户最近的购买记录来衡量,更早的购买记录在移动用户偏好挖掘时所占权重会随时间推移而变小.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

移动用户需求可能不仅仅受一种上下文影响,而是多种上下文共同作用的结果[55],但各种上下文对其影响的程度也不尽相同.Park 等人[51]通过贝叶斯网络模型构建地点、时间、天气、温度等上下文对移动用户的影响,使用 EM 算法学习在不同上下文中的条件概率.Hosseini-pozveh 等人[55]考虑多维上下文(日期、时间段、天气、同伴等)对移动用户餐厅食物选择的影响.Yap 等人[58]提出利用支持向量机的方法动态识别最佳上下文集合,并进一步提出基于贝叶斯网络迭代筛选去除那些对用户偏好没有影响的上下文参数.王立才等人[22]通过计算上下文约束下移动用户行为的波动率来判断移动用户需求是否受该上下文影响,并根据波动率来确定上下文对移动用户需求影响的程度.Tang 等人提出[59]一个框架来发现移动用户上下文对其活动的影响,以更好地预测该用户的偏好为其定制广告产品或服务.该框架不仅有助于发现上下文数据的顺序规则,还可以清除多维度上下文信息产生的冗余规则.

2.3 基于定量分析的移动用户需求获取技术

定量分析移动用户需求获取技术使用效用函数和数字评分量化表示用户需求,并设计相关方法进行数学计算.它又可分为以下两类:

1) 基于启发式方法

该方法利用一些具有直观意义的启发式方法来获取移动用户需求,例如最近邻算法、聚类、相似度计算等.文献[12,13]结合移动用户行为,隐式分析获取用户个性化需求.Choeh 等人[60]根据用户服务日志内容和用户反馈,发送其可能感兴趣的消息.Zhang 等人[61]针对电信产品领域,综合基于用户和基于项目的协作过滤技术、模糊集技术自动预测用户行为和需求,帮助用户选择合适的移动产品和服务.但是,这些研究都没有考虑移动上下文对用户需求的影响.在不同的应用领域,移动上下文对用户需求的影响也不同,因此,需要考虑获取的有效移动上下文也不同.Böhmer 等人[62]分析移动通信网下的服务内容:如果用户把某项服务的图标放在首位,就认为其在类似的上下文信息下需要类似的服务.例如,用户总在晚上把闹钟服务放在首位、早上把公交时刻表放在首位,可据此为其提供智能的适合的服务.Gupta 等人[45]认为:要结合移动终端的可移动性特点,利用一些便携式的传感器设备,捕获用户在日常服务体验中的直接情感表达信息,从而为用户提供其所喜爱的服务.Demestichas 等人[63]通过分析 B3G 网络中上下文信息来动态获取用户偏好,进行智能网络接入最优配置.

上述研究都是利用多维向量评分模型或层次模型表示移动用户需求,也有研究人员通过建立本体域来表示移动用户需求[5,8,64].Niazi 等人[8]将上下文引入到本体中来表示移动用户偏好,提出了一种基于本体的框架用来发现大多数与用户偏好以及设备能力相关的服务.Jung[65]基于本体方法获取移动用户偏好,并生成上下文感知的移动服务推荐.但本体设计时,很大程度上依赖于研究人员的知识和经验,当公理设置不准确时,得到的上下文移动用户需求准确率较低.

移动上下文的引入虽然可以更准确地定位用户需求,但也带来了一些新的挑战,例如稀疏性问题.为了解决该问题,徐风苓等人[21]提出一种基于移动用户上下文相似度的改进协同过滤推荐算法,基于移动用户的上下文相似度,构造目标用户当前上下文的相似上下文集合,采用上下文预过滤方法对“移动用户-移动服务-上下文”三维模型进行降维,得到“移动用户-移动服务”二维模型,最后,结合传统二维协同过滤算法进行偏好预测.近年来,由于移动社会化网络的绑定身份和实时、动态交互等特征,结合用户社会关系、信任度等因素来缓解稀疏性问题,引起了越来越多的研究者关注.王玉祥等人[18]提出基于上下文、信任网络和协作过滤算法的移动社交网络服务选择机制,将上下文相似度引入到服务选择的过程中,并且和信任度相结合,构成“用户-服务-上下文”三维协作过滤服务选择模型.但在该方法中,信任度是据用户之间的显性评分获取的.然而,由于移动终端输入输出能力有限,可以获取的显性信任度评分信息比较少.黄武汉等人[19]根据移动用户之间的通信行为来计算用户之间的信任度,并利用移动通信网中所形成的社会化网络预测潜在的社会化网络关系,按关系紧密程度和用户评分相似度来发现最近邻用户,并根据近似邻居的偏好预测目标用户的偏好,并为其推荐满足其个性需求的服务或信息.但文中只是根据移动用户之间的通信行为进行简单的计算,得到的信任度的精确度不高.乔秀全等人[25]借鉴社会心理学中人与人之间的信任产生原理,将社交网络中用户之间的信任度分为熟悉性产生的信任度和相似性产生的信任度;同时,又根据所起作用的重要程度不同,把相似性划分为内部相似性和外部相似性,

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

并给出了信任度计算的具体方法,设计移动社交网中基于地理位置的兴趣点社区的点评推荐服务作为提出的基于用户上下文信任度计算方法的应用场景.史艳翠等人[23]提出了一种移动社交网中信任度的计算方法,该方法考虑上下文信息、社会影响力和上下文移动用户偏好相似度这 3 方面的因素对用户间信任度的影响.实验证明,其有效提高了移动社区划分和信任度计算的精确性.

2) 基于模型的方法

该方法利用数学统计模型或机器学习技术学习一个模型(例如线性规划、贝叶斯分类器、决策树、矩阵分解等),以获取用户需求.其优点在于能够充分利用各种机器学习模型的优势,有利于提高用户偏好获取的精确度,但其计算的复杂性较高、模型训练时间较长.目前,比较常用的模型如下:

① 马尔可夫模型.黄海清等人[17]将马尔可夫判决过程和智能强化学习算法相结合,给出了异构无线网络环境下用户业务偏好评估模型的技术框架,为动态环境下用户需求的感知、量化和适配特征的研究提供了基本的数学描述,对解决用户体验的评价问题和业务与环境的适配问题提供了新的研究思路;Lee 等人[66]针对动态无线业务选择问题(即如何为用户选择满足其真正需求的业务),提出一种利用强化学习算法和马尔可夫模型学习用户偏好的方法.

② 关联规则.Hong 等人[67]采用 Apriori 算法挖掘在移动上下文约束下用户偏好之间的关联性,在挖掘关联规则时,把相应的上下文看做频繁项来处理.但当问题量比较大时,其计算量增加边比较大.

③ 决策树.Hong 等人[67]通过规则推理对移动上下文历史进行计算,并利用决策树进行用户偏好提取.由于用户需求与时间有关,因此在使用决策树时,预处理的工作量比较大.

④ 神经网络.Mahmoud 等人[9]将时间、位置等上下文信息引入到人工神经网络的输入向量中.Al-Masri 等人[10]提出了基于人工神经网路的上下文感知移动服务发现和选择机制,利用上下文信息提取一系列特征,比如复合功能/特定服务的偏好配置文件,提供给反向神经网络的非统一的用户特征等,通过自适应和迭代学习选择最好的移动服务.但神经网络容易陷入局部最优以及存在过学习等问题.

⑤ 贝叶斯网络.De 等人[68]在判定移动用户偏好类别时,将上下文作为一个条件添加到条件概率计算中,以提高移动用户偏好获取的精确度.Xu 等人[69]将上下文、移动服务内容和用户偏好作为显著变量引入到贝叶斯网络模型构建中,但该方法很少考虑数据的背景知识,例如上下文之间的联系.

上述模型各有其优缺点:马尔可夫模型对移动用户需求获取过程的状态预测效果良好,不适宜用于中长期的移动用户需求预测;关联规则方法和决策树方法适合处理数据量较小时的移动用户需求获取;神经网络模型具有自学习力和高速寻找最优解的能力,但也存在局部极小点、过学习以及结构和类型的选择过分依赖于经验等固有缺陷,适合移动用户需求自适应更新技术;贝叶斯网络模型适合进行移动上下文不确定性推理.

2.4 基于定性分析的移动用户需求获取技术

定性分析移动用户需求获取技术考察两个偏好之间的二元偏序关系,即不关注用户对项目及其属性的偏好的量化值,从逻辑推理和偏序模型的角度提取用户对任意两个具体项目或其属性的偏序关系.考虑到移动上下文的重要性,可以利用实体关系图中的 N:M 关系类型将上下文信息与偏好链接起来,以移动用户历史数据为输入、利用严格偏序偏好提取方法提取上下文移动用户偏好.Jembere 等人[46]面向移动应用领域,在结合特征偏好模型和严格偏序偏好模型的基础上,提出一种上下文用户偏好严格偏序模型.目前,该方面的研究还很少.

2.5 移动用户群体需求获取技术

移动用户和他们的通信行为、社交关系等因素构成一个社会化网络,该网络包含了很多隐含的移动用户群体,例如:按照年龄段可以分为青少年、成人以及老年人等群体,按照教育程度可以分为高中生、大学生、硕士、博士等群体.从网络分群的角度出发对用户市场进行细分,并及时、准确获取各类移动用户群体需求具有重要的研究意义.

首先,传统群组推荐系统中面向的用户群体大都是已经存在的,很少涉及用户群体的识别和划分.因此,如何利用移动用户行为构建社会化网络,在此基础上根据社区发现相关算法自动识别、发现需求相似的用户群

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

体,是移动用户需求获取技术中值得深入研究的一个方向.这与传统的市场细分方法不同,在由移动用户构成的社会化网络中,利用社区发现算法进行用户分群是无监督的,不由用户本身特性所决定,影响分群结果的因素是用户在网络中的拓扑位置.肖觅等人[24]针对现有基于派系的重叠社区发现算法难以对移动社会化网络实施的问题,提出一种基于移动用户行为的回路融合社区发现算法,通过分析移动用户行为构建移动社会化网络,利用*k*-EC(*k*-elementary circuit)简单回路寻找最终社区;

其次,在得到一系列需求相似的移动用户群群体后,如何结合个体用户需求和移动上下文,及时、准确获取移动用户群体需求也很重要.Park 等人[48]根据贝叶斯网络获取用户的个体需求,利用多标准决策方法根据个体需求获取群体需求.Pérez 等人[41]提出了一种动态的用户群体需求模型,该模型包括两个过程,即达成共识过程和选择过程.Kim 等人[70]提出了一种在线获取群体用户需求的方法:利用传统的协同过滤方法获取群体用户需求,将相关性小的用户需求从获取的需求集合中删除.但上述研究在获取移动用户群体需求时,大都认为个体用户需求具有相同的权重,或者忽略个体用户的社会关系等因素,或者没有考虑个体用户使用移动服务时的时间、位置等上下文信息,而这些因素对移动用户需求有重要影响.

2.6 移动用户需求获取自适应更新技术

随着移动上下文的改变或时间的推移,用户需求可能会发生变化,如何对其变化进行自适应更新,是移动用户需求获取技术的重难点.目前,关于该方面的研究还比较少,主要通过移动用户对移动网络服务的评分等显性反馈信息来更新移动用户需求[6,67,71],或者通过机器学习技术对移动用户的行为(使用服务时长、频率、上下文等)分析来更新移动用户需求[22,67].为了获取实时、精确、无冲突的移动用户需求,一种可借鉴的思路如下[16]:

① 检测移动用户行为的变化.判断移动用户行为是否发生变化时,首先确定移动用户偏好受哪些上下文影响,再根据移动用户对服务使用的相对变化量来判断移动用户对该服务的偏好是否发生变化.史艳翠等人[22]根据上下文约束下用户使用服务的波动率来确定用户行为受哪些上下文影响,提出单维上下文约束下移动用户行为变化检测方法和多维上下文约束下移动用户行为变化检测方法;

② 修正上下文约束下的移动用户偏好.可以采用基于定性分析或者定量分析的移动用户需求获取技术对变化的移动用户需求进行重新学习.史艳翠等人[22]提出:当上下文移动用户行为不发生变化时,只需对相应的可信度进行修改;当上下文移动用户行为发生变化时,采用上下文最小二乘支持向量机分类方法对发生变化的上下文移动用户偏好进行学习;

③ 解决上下文移动用户偏好冲突.修正后的移动用户偏好可能与原有移动用户偏好发生冲突,需要考虑偏好冲突问题.

2.7 移动用户需求动态获取技术

随着时间的推移,移动用户需求会发生变化,通过静态方法获取的用户需求应用在动态环境中时可能已经过时,因此不能及时准确地为移动用户提供个性化的需求.因此,需要动态地获取移动用户需求.动态需求获取方法需要考虑时间因素,定期地提取移动用户需求,即更新移动用户需求.另外,移动用户需求受近期用户行为影响比较大,而受早期用户行为的影响比较小.当引入过时的用户行为时,还可能给用户需求获取的结果带来负面影响.因此,研究人员通过时间窗口、滑动窗口或偏好生命周期来选择合适的数据动态地更新用户偏好[47,72].文献[47]通过对时间窗口中的数据进行学习来动态地获取用户对博客文章的需求,而文献[72]通过滑动窗口限定位置方向和行驶距离来动态获取移动用户需求.

2.8 移动用户需求获取技术效用评价

2.8.1 移动用户需求获取技术相关数据集

目前,包含移动用户使用服务以及相应上下文信息的相关数据集比较少,为了验证移动用户需求获取技术的性能,主要使用通过志愿者收集或者移动运营商获取的真实数据集[23,73]、在真实数据集基础上按照设定的合理规则处理得到的半模拟数据集[14,22,24,55,74]和根据实验需要和相应规则生成的模拟数据集[21,46,67,75].下面对几种典型的、公开的数据集进行介绍.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

1) 中国移动应用商城数据集

徐风苓等人[21]通过采集移动应用商城(http://mm.10086.cn/)上移动用户的购买记录,从中选择出 50 个忠诚用户的购买记录;然后,将记录中的具体时间划分到(清晨、早上、上午、中午、下午、傍晚、晚上、凌晨)8 个时间段中;再统计每个用户在每个时间段内对各类产品的购买次数;最后,根据每个用户在某时间段内对各类产品的购买次数统计生成用户基于时间的产品偏好(1~10).最终得到 50 个用户在不同上下文具体实例下对 41 类产品的 2 975 条偏好记录的仿真数据集.

2) 大众点评网数据集

谢幸等人[76]对大众点评网(www.dianping.com)2011 年 1 月 7 日~2011 年 6 月 11 日之间来自北京的移动用户签到数据进行抓取,得到用户签到的信息包括:① id,信息序列;② userid,用户的编号 id;③ username,用户注册名;④ interesturl,兴趣点主页;⑤ interestid,兴趣点主页编号 id,即兴趣点商家编号 id;⑥ interestname,兴趣点名称,即兴趣点商家名称;⑦ publishtime,用户签到时间;⑧ client,用户使用的手机客户端名称;⑨ comment,用户对兴趣点的点评;⑩ crawltime,爬取时间.统计结果见表 2.

3) MIT 数据集

该数据集由麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology,简称 MIT)多媒体实验室收集[73],包括 94 个移动用户从 2004 年 9 月~2005 年 6 月共 9 个月移动用户的行为信息,例如通话记录(通话和短信的时间、电话的主叫和被叫、短信的发送和接收)、位置、手机状态、蓝牙设备等信息.数据集中包括通过问卷调查得出的 94 个移动用户之间的好友关系以及用户在实验室内和实验室外与其他人员的相处时间等数据.但该数据集移动用户、移动网络服务、上下文等数量比较少,不利于分析更多数据量的情况.

4) 诺基亚移动数据挑战赛的洛桑数据集[77]

该数据集由诺基亚洛桑研究中心和瑞士学术合作伙伴在日内瓦湖地区对近 200 个智能手机用户一年以上的信息进行收集,是一个全面的、相对未开发的数据集,包括丰富的社会和地理信息,比如通话记录、蓝牙设备访问信息、WLAN 设备访问信息等.

Table 2 Description of datasets of www.dianping.com

表 2 大众点评网数据集描述

用户兴趣点数目	15 664
用户总数目	545
签到总数目	31 811
平均每个兴趣点的签到数目	2.6
平均每个兴趣点的用户数目	1.4
平均每个用户的签到数目	58
平均每个用户签到过的兴趣点数目	32
时间跨度(天)	152

2.8.2 效用评价指标

传统的用户需求获取技术评价指标如准确度(precision)[12,22]、召回率(recall)或覆盖率(coverage)[15,22]、平均绝对误差(MAE)[22,25]、$F1$[12,55,78]等也被用来衡量移动用户需求获取技术的性能,其中,MAE 为预测准确度指标,其他是分类精确度指标.此外,由于移动个性化服务的实时性,响应时间也是衡量移动用户需求获取技术的重要指标.在使用这些指标时需要相应的移动数据集,但目前,移动领域公开的数据集很少,这给移动用户需求获取技术的客观效用评价带来了很大的困难.在实际应用中,问卷调查法也被用来评估移动用户需求获取技术的指标.Yang 等人[50]通过志愿者的主观评价来判断系统提供的服务是否满足移动用户的需求,测试时,要求移动用户对学习得到的每项移动用户偏好进行满意度评价,通过最终的满意度来判断系统是否能很好地满足移动用户需求.但该方法样本量小、耗时、成本高.Goenka 等人[64]将客观评价与主观评价结合起来使用.

上面描述了移动用户需求获取技术常用的评价指标,但针对具体的模型,可能需要其中的一种或几种评价指标一起来评价模型的有效性或合理性,即,模型的评价指标体系.Lee 等人[12]使用准确度、召回率、$F1$ 以及相

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

关系数作为模型的评价指标体系;Yu 等人[15]使用准确率、召回率以及响应时间作为模型的评价指标体系;Hosseini-Pozveh 等人[55]使用 $F1$ 作为模型的评价指标体系;Goenka 等人[64]使用准确率和响应时间作为模型的评价指标体系.在移动网络中,对用户需求的准确性和响应时间提出了更高的要求,因此,用户需求模型的评价指标至少要包括对准确性和响应时间两方面的评价.在评价准确性方面:$F1$ 指标可以体现准确率和召回率两方面的性能,主要是度量获取得到的正确的用户需求的数量,但不能体现用户需求在量值上的误差;而 MAE 可以比较好地度量用户需求在量值上的误差.因此,通过上述分析,在移动用户需求模型中,可以使用响应时间、$F1$、MAE 作为评价体系指标.

3 移动用户需求获取技术应用进展

移动用户需求获取技术应用领域主要有移动搜索[79]、移动推荐[6,44]、移动社交网络[80,81]等.本节主要介绍移动搜索、移动推荐方面的研究进展.

3.1 移动搜索

移动搜索是指用户通过移动终端,采用浏览器、短信、交互式语音应答(interactive voice response,简称 IVR)等多种方式搜索,获取所需的信息和服务(文本、图像、动画、声音、视频等).除了终端的移动性外,与传统互联网搜索相比,移动搜索还具有以下特征:

1) 用户操作的便捷化和结果显示的简约化

因移动终端处理能力弱、屏幕小、电池电量有限、输入不便以及无线接入网络的带宽有限等诸多因素[79],移动搜索更注重用户操作的便捷化和结果显示的简约化.Kamvar 等人[82]提出了一种智能的查询输入补全方法,在用户输入的过程中,根据用户的上下文信息,如用户位置、当前时间、日期等,对单词进行预测和补全,使得用户的按键次数减少.Jones 等人[83]提出了一种基于关键词的查询结果显示方式,替代基于标题的显示方式.这种方式更加简洁、有效,使用户迅速、准确地找到所需信息.对于关键词获取,Karlson 等人[84]通过对大规模数据集进行层次分类,利用迭代过滤的方法进行内容导航,使得用户以最少的操作准确地获取所需信息.

2) 个性化

由于移动终端与用户绑定,移动搜索可结合用户的搜索记录、搜索习惯等能反映其偏好的信息,对搜索结果进行分析筛选,为用户提供最符合个人兴趣的信息;同时,移动终端具有 GPS、摄像头等多种感知设备,可以对用户上下文(位置、环境等)进行感知,根据用户上下文提供最符合用户需求的信息.Gaikwad 等人[79]综述了个性化移动搜索中根据移动上下文显式或隐式获取用户需求的方法.

3.2 移动推荐

与传统互联网环境下的推荐系统相比,移动推荐系统在以下方面具有不同的特点[85]:

1) 范围.传统推荐系统面向有限的用户群(如亚马逊的购物者),但移动推荐系统需要面对的是数以亿计的移动客户.
2) 推荐时间.传统推荐系统的用户一般通过台式机访问,而移动网络环境下的用户都是“移动”的,实时性、准确性要求更高.
3) 考虑因素.除了考虑产品与用户偏好的匹配以外,移动推荐系统还需要考虑用户所在的地理位置等移动上下文信息.

目前,移动推荐系统主要应用领域有:

① 旅游指导.例如,根据旅客位置对其进行关于旅游景点、宾馆预定等内容的推荐.Baltrunas 等人[86]考虑旅游时间、群组成员和旅游动机等移动用户上下文信息,根据用户需求进行名胜古迹推荐.

② 交通路线导航.Balke 等人[87]提出一个交通信息系统原型,使用 SR-合并算法,对不同用户的喜好和动态收集的交通情况进行有效的计算,在城市和人口密集的地区实现个性化的移动路线规划.

③ 信息推荐,比如新闻、博客和广告推荐等.Lee 等人[13]考虑了新闻的时效性,表明时效性的权重随新闻存

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

在时间长短而变化:随着时间的推移,其权重会降低.综合考虑新闻的重要性、时效性和用户的偏好向移动用户推荐新闻.Chiu 等人[71]将博文进行聚类,通过分析移动用户的博文浏览记录,获取移动用户对不同博文类型的偏好,并考虑互联网用户对博文的点击率,将点击率高并满足用户偏好的博文推荐给移动用户.

④ 移动应用程序或移动业务推荐,例如电影、电视、音乐、游戏等.Yan 等人[74]通过分析用户使用应用程序的行为(使用频率、使用时长、最近使用时间)获取用户对应用程序的真实偏好,并根据协同过滤算法进行推荐.Lee 等人[12]通过移动用户的浏览行为(忽略、点击、试听、购买等)隐式地获取移动用户对音乐的相对偏好,如购买行为表达的偏好大于试听行为表达的偏好,根据获取的偏好使用协同过滤算法预测进移动用户对其他音乐的偏好关系,从而进行音乐推荐.Kim 等人[11]使用向量空间模型描述电影特征和移动用户对电影特征的偏好,通过行为分析用户对电影的潜在偏好,不同的行为表达移动用户对电影的不同偏好程度,结合移动用户对某部推荐电影的反馈进行推荐.Park 等人[88]根据移动终端用户观看电视节目的历史信息获取用户偏好,向其推荐可能感兴趣的电视节目.

⑤ 移动设备服务配置推荐.Xie 等人[26]针对上下文不完全匹配的特性,利用模糊粗糙集进行上下文间的匹配,并根据匹配的上下文进行应用程序配置的推荐.

3.3 其 他

随着智能手机的推出、移动通信和传感器技术的提高以及互联网和网络技术的快速融合,人们的工作和社会交往能够随时随地的进行[80].移动社交网络将移动计算(mobile computing)和社会计算(social computing)无缝地结合起来,极大地增强了用户的真实性、地域性和交互的实时性,促进了人们沟通模式的转变和社会关系的整合.移动终端与用户的绑定,保证了社交网络的真实性;位置信息的引入,带来了多样化、个性化的社交网络服务;移动终端永久在线,可以提供用户间的实时交互.王玉祥等人[18]在上下文环境相似的情况下,结合用户的社会关系即信任网络,将用户信任度和相似度结合起来,能够较全面准确地进行移动服务选择.与传统的服务选择方法相比,基于上下文、信任网络和协作过滤的服务选择机制既避免了传统协作过滤算法的稀疏性和冷启动性,同时又考虑了上下文的动态性,更能接近现实世界,且具有更高的服务选择准确率.乔秀全等人[25]提出了社交网络服务中一种基于用户上下文的信任度计算方法,使得社交网络中用户之间的信任度计算有了理论依据,充分提高了信任度计算的合理性和有效性,并且更贴近现实人际关系网络中用户之间的信任关系.Kjeldskov 等人[81]提出一种应用于公共场合促进社交的上下文移动信息系统原型.Kwon 等人[89]提出一个基于移动社交网络的个性化实施位置标注内容推荐系统,该系统通过全球卫星定位系统定位用户,应用距离和偏好过滤方法.

4 进一步研究的问题

1) 移动用户需求获取模型有效性的形式化验证

移动用户需求获取技术的形式化包括在建模时对获取技术的形式化描述以及对模型正确性的形式化证明.目前,对用户需求获取技术的形式化研究的比较多,在对用户需求进行建模时,对输入数据和输出数据,以及相应的算法、评价指标都会给出形式化的描述,但对移动用户需求获取模型有效性的形式化描述研究的比较少,例如准确性、合理性等.对模型的有效性的验证最常用的方法是通过仿真实验进行验证,缺乏说服力.

2) 移动上下文对用户需求的影响

随着移动上下文的引入,移动用户需求获取技术面临着更大数据量和更高计算复杂度的挑战.移动上下文目前还没有统一的定义,很难明确规定移动用户需求获取技术中需要考虑哪些上下文和实例.因此,有效检测出对用户需求有影响的移动上下文,并计算其对用户需求的不同影响程度,是移动用户需求获取技术的难题之一.目前,对用户需求有重要影响的移动上下文除了时间[14,42,55,57]和位置[49,50,55,56,90]外,还有信任度[18,19,23,25,91]、个人社会影响力[23]、情绪[19]等因素.将信任度引入到移动用户需求获取技术中不仅可以提高其精确度,也可以提高用户对移动个性化服务的信任度[91].

3) 移动用户群体需求获取技术

目前,大多数移动用户需求获取技术的研究都是针对单个用户的,而由移动用户构成的社会化网络中存在

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

着很多群体,如何有效识别出这些群体并实时准确获取其需求,具有重要的研究意义.总结来看,该领域的研究可分为两部分:(1) 利用移动用户通信行为等因素构建移动社会化网络,再根据社区发现算法自动识别和发现需求相似的移动用户群体;(2) 在每个需求相似的移动用户群体内部,根据个体用户需求,然后采用投票机制或多标准决策等方法综合个体需求得到群体需求.虽然传统群组推荐系统中有很多群组偏好聚合算法(例如平均值法、总和法等),但这些算法大都将个体偏好同等看待,忽略了用户之间的信任度、用户社会影响力等因素.此外,传统群组推荐面向的群组成员人数比较少,一般只有几个或者几十个.因此,传统群组推荐系统中群组偏好聚合算法不能直接应用到移动用户群体需求获取技术中.如何综合考虑移动上下文因素和个体用户需求,实时、准确地获取移动用户群体需求,是移动用户需求获取技术中的重点和难点.

4) 移动用户需求获取技术与其他学科结合

移动用户需求不仅依赖于用户、上下文、项目的关联关系,也受社会化环境、人类决策行为等各方面因素的影响.因此,可以考虑将移动用户需求获取与其他学科结合展开交叉研究.例如,可以将决策学、心理学等知识引入移动用户需求获取研究中.文献[92]运用行为决策理论研究客户在进入一个新的环境如一家商品零售点时如何通过扫描产品信息获取推荐的问题,通过比较扫描到的产品信息属性与客户偏好的属性,计算出该产品对于客户的总体吸引指数,并通过视觉、听觉或触觉等方式向客户推荐,但没有给出如何计算总体吸引指数,而且也没有提到如何获取客户对产品属性的偏好信息.王立才等人[20]提出一种基于认知心理学的移动用户偏好提取方法,引入服务加工水平认知、有效上下文认知的概念,并计算其对用户偏好提取的影响,然后分别提取基于服务加工水平认知和基于有效上下文认知的用户偏好,最终提取综合的用户偏好.

5) 移动用户需求获取效用评价

缺少公开可用的移动数据集,是移动用户需求获取效用评价面临的最大困难,移动用户公开、可用数据集亟待完善.除了针对移动用户需求获取技术的准确性进行评价外,还可以考虑移动用户满意度、信任度、新鲜性、多样性、覆盖率等.此外,问卷调查法具有样本量小、耗时、成本高等缺点[27];用户的交互体验也值得考虑,特别是输入/输出、终端处理能力较弱的移动应用场合[6].

6) 移动用户需求获取与隐私问题

移动用户的隐私保护和安全问题,是移动用户需求获取研究发展的制约.为了有效准确获取移动用户需求,必须记录并分析移动用户信息、行为、位置等,这可能会引发一些隐私问题.Moreno 等人[93]根据目前一些保护隐私的方法依赖于客户端配置文件提取和存储技术可能会被基于本地配置文件的精确性限制,提出一个用于移动广告的保护用户隐私的分布式推荐系统.

5 结束语

随着移动通信网的飞速发展、移动终端的日益普及,移动运营商为用户实时地提供天气、新闻、股票等移动应用信息正成为移动增值服务市场上新的热点.与此同时,用户在盲目寻找信息时往往会陷入面对大量垃圾信息的尴尬境地.移动个性化服务是解决该问题的有效途径.向用户提供高质量的移动个性化服务,关键在于实时、准确获取用户需求.目前,移动用户需求获取技术的研究还处于起步阶段,大量关键问题还有待于解决,有着重要的研究价值和广阔的市场前景.本文对移动用户需求获取技术及其应用的研究进展和趋势进行归纳、总结和预测,希望促进该领域相关研究的发展.

References:

[1] Pan B, Wang XF, Song E, Lai CF, Chen M. Camspf: Cloud-Assisted mobile service provision framework supporting personalized user demands in pervasive computing environment. In: Proc. of the 9th Int’l Wireless Communications and Mobile Computing Conf. (IWCMC). Sardinia: IEEE, 2013. 649−654.

[2] Capilla R, Babar MA, Pastor O. Quality requirements engineering for systems and software architecting: Methods, approaches, and tools. Requirements Engineering, 2012,17(4):255−258. [doi: 10.1007/s00766-011-0137-9]

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

[3] Yang Q, Chen JL, Meng XW. LBS-Oriented creation method and implementation for telecommunication value-added services. Ruan Jian Xue Bao/Journal of Software, 2009,20(4):965−974 (in Chinese with English abstract). http://www.jos.org.cn/1000-9825/3192.htm [doi: 10.3724/SP.J.1001.2009.03192]

[4] Adomavicius G, Tuzhilin A. Context-Aware Recommender Systems. In: Ricci F, Rokach L, Shapira B, Kantor PB, eds. Recommender Systems Handbook. Springer-Verlag, 2011. 217−253. [doi: 10.1007/978-0-387-85820-3_7]

[5] Ai DX, Zuo H, Yang J. Personalized mobile catering recommender system based on context ontology model and rule inference. Advanced Materials Research, 2013. 708−713. [doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.717.708]

[6] Ricci F, Nguyen QN. Acquiring and revising preferences in a critique-based mobile recommender system. IEEE Intelligent Systems, 2007,22(3):22−29. [doi: 10.1109/MIS.2007.43]

[7] Woerndl W, Brocco M, Eigner R. Context-Aware recommender systems in mobile scenarios. Int'l Journal of Information Technology and Web Engineering, 2009,4(1):67−85. [doi: 10.4018/jitwe.2009010105]

[8] Niazi R, Mahmoud QH. An ontology-based framework for discovering mobile services. In: Proc. of the 7th Annual Communication Networks and Services Research (CNSR 2009). Moncton: IEEE, 2009. 178−184. [doi: 10.1109/CNSR.2009.36]

[9] Mahmoud QH, Al-Masri E, Wang ZX. Design and implementation of a smart system for personalization and accurate selection of mobile services. Requirements Engineering, 2007,12:221−230. [doi: 10.1007/s00766-007-0051-3]

[10] Al-Masri E, Mahmoud QH. A context-aware mobile service discovery and selection mechanism using artificial neural networks. In: Proc. of the 8th Int'l Conf. on Electronic Commerce (ICEC 2006). New York: ACM Press, 2006. 594−598. [doi: 10.1145/1151454.1151467]

[11] Kim J, Cho Y, Kim S. MOBICORS-Movie: A mobile contents recommender system for movie. In: Proc. of the Int'l Conf. on Electronic Business (ICEB 2004). Beijing: IEEE Computer Society, 2004. 789−794.

[12] Lee SK, Cho YH, Kim SH. Collaborative filtering with ordinal scale-based implicit ratings for mobile music recommendations. Information Sciences, 2010,180(11):2142−2155. [doi: 10.1016/j.ins.2010.02.004]

[13] Lee HJ, Park SJ. MONERS: A news recommender for the mobile Web. Expert Systems with Applications, 2007,32(1):143−150. [doi: 10.1016/j.eswa.2005.11.010]

[14] Zheng VW, Cao B, Zheng Y, Xie X, Yang Q. Collaborative filtering meets mobile recommendation: A user-centered approach. In: Proc. of the AAAI 2010. Atlanta: AAAI, 2010. 236−241.

[15] Yu ZW, Zhou XS, Zhang D, Chin CY, Wang X, Men J. Supporting context-aware media recommendations for smart phones. IEEE Pervasive Computing, 2006,5(3):68−75. [doi: 10.1109/MPRV.2006.61]

[16] Meng XW, Shi YC, Wang LC, Zhang YJ. Review on learning mobile user preferences for mobile network services. Journal on Communications, 2013,34(2):147−155 (in Chinese with English abstract). [doi: 10.3969/j.issn.1000-436x.2013.02.018]

[17] Huang HQ, Zhang P, Zhang XW. Modeling of user preference based on agent for service selection. Acta Electronica Sinica, 2006,34(12A):2537−2540 (in Chinese with English abstract).

[18] Wang YX, Qiao XQ, Li XF, Meng LM. Research on context-awareness mobile SNS service selection mechanism. Chinese Journal of Computers, 2010,33(11):2126−2135 (in Chinese with English abstract). [doi: 10.3724/SP.J.1016.2010.02126]

[19] Huang WH, Meng XW, Wang LC. A collaborative filtering algorithm based on users' social relationship mining in mobile communication network. Journal of Electronics & Information Technology, 2011,33(12):3002−3007 (in Chinese with English abstract).

[20] Wang LC, Meng XW, Zhang YJ. A cognitive psychology-based approach to user preferences elicitation for mobile network services. Acta Electronica Sinica, 2011,39(11):2547−2553 (in Chinese with English abstract). [doi: 10.1360/jos172518]

[21] Xu FL, Meng XW, Wang LC. A collaborative filtering recommendation algorithm based on context similarity for mobile users. Journal of Electronics & Information Technology, 2011,33(11):2785−2789 (in Chinese with English abstract). [doi: 10.3724/SP.J.1146.2011.00384]

[22] Shi YC, Meng XW, Zhang YJ, Wang LC. Adaptive learning approach of contextual mobile user preferences. Ruan Jian Xue Bao/Journal of Software, 2012,23(10):2533−2549 (in Chinese with English abstract). http://www.jos.org.cn/1000-9825/4228.htm [doi: 10.3724/SP.J.1001.2012.04228]

[23] Shi YC, Meng XW, Zhang YJ, Xiao M. A trust calculating algorithm based on mobile phone data. In: Proc. of the IEEE Globecom. Anaheim: IEEE, 2012. 2012−2017. [doi: 10.1109/GLOCOM.2012.6503411]

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

[24] Xiao M, Meng XW, Shi YC, A circuits merging community discovery algorithm based on mobile user behaviors. Journal of Electronics & Information Technology, 2012,34(10):2369−2374 (in Chinese with English abstract). [doi: 10.3724/SP.J.1146.2012.00331]

[25] Qiao XQ, Yang C, Li XF, Chen JL. A trust calculating algorithm based on social networking service users' context. Chinese Journal of Computers, 2011,34(12):2404−2413 (in Chinese with English abstract). [doi: 10.3724/SP.J.1016.2011.02403]

[26] Xie HT, Meng XW. Intelligent configuration recommendation of context-aware mobile application. In: Proc. of the Globlecom 2011 Workshop on Ubiquitous Computing and Networks. Houston: IEEE Computer Society, 2011. 1263−1268. [doi: 10.1109/GLOCOMW.2011.6162386]

[27] Wang LC, Meng XW, Zhang YJ. Context-Aware recommender systems. Ruan Jian Xue Bao/Journal of Software, 2012,23(1):1−20 (in Chinese with English abstract). http://www.jos.org.cn/1000-9825/4100.htm [doi: 10.3724/SP.J.1001.2012.04100]

[28] Rich E. User modeling via stereotypes. Cognitive Science, 1979,3(4):329−354. [doi: 10.1207/s15516709cog0304_3]

[29] Wahlster W, Kobsa A. User Models in Dialog Systems. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 4−34. [doi: 10.1007/978-3-642-83230-7_1]

[30] Kobsa A. User Modeling: Recent Work, Prospects and Hazards. Human Factors in Information Technology, 1993.

[31] Lieberman H. Letizia: An agent that assists Web browsing. In: Proc. of the 40th Int'l Joint Conf. on Artificial Intelligence (IJCAI'95). Montreal: Lawrence Erlbaum Associates Ltd., 1995. 924−929.

[32] Mobasher B, Cooley R, Srivastava J. Automatic personalization based on Web usage mining. Communications of the ACM, 2000, 43(8):l42−151. [doi: 10.1145/345124.345169]

[33] Pazzani M, Muramatsu J, Billsus D. Syskill&Webert: Identifying interesting Web sites. In: Proc. of the 13th National Conf. on Artificial Intelligence. Menlo Park: AAAI Press, 1996. 54−61.

[34] Mooney RJ, Roy L. Content-Based book recommending using leafing for text categorization. In: Proc. of the 5th ACM Conf. on Digital Libraries. New York: ACM Press, 2000. 195−204. [doi: 10.1145/336597.336662]

[35] Xie HT, Meng XW. A personalized information service model adapting to user requirement evolution. Acta Electronica Sinica, 2011,39(3):643−648 (in Chinese with English abstract).

[36] Shahabi C, Chen YS. An adaptive recommendation system without explicit acquisition of user relevance feedback. Distributed and Parallel Databases, 2003,14(2):173−192. [doi: 10.1023/A:1024888710505]

[37] Shepherd M, Watters C, Marath AT. Adaptive user modeling for filtering electronic news. In: Proc. of the 35th Annual Hawaii Int'l Conf. on System Sciences. Hawaii: IEEE, 2002. 1180−1188. [doi: 10.1109/HICSS.2002.994040]

[38] Cheng B, Meng XW, Chen JL. An adaptive user requirements elicitation framework. In: Proc. of the 31st Annual Int'l Computer Software and Applications Conf. Beijing: IEEE Computer Society, 2007. 501−502. [doi: 10.1109/COMPSAC.2007.56]

[39] Meng XW, Hu X, Wang LC, Zhang YJ. Mobile recommender systems and their applications. Ruan Jian Xue Bao/Journal of Software, 2013,24(1):91−108 (in Chinese with English abstract). http://www.jos.org.cn/1000-9825/4292.htm [doi: 10.3724/SP.J.1001.2013.04292]

[40] Kwok R. Phoning in data. Nature, 2009,458(7241):959−961. [doi: 10.1038/458959a]

[41] Pérez IJ, Cabrerizo FJ, Enrique HV. A mobile decision support system for dynamic group decision-making problems. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Humans, 2010,40(6):1244−1256. [doi: 10.1109/TSMCA.2010.2046732]

[42] Nguyen QN, Hoang TM, Ta LQT, Van Ta C, Hoang PM. User preferences elicitation and exploitation in a push-delivery mobile recommender system. In: Proc. of the Context-Aware Systems and Applications. Springer-Verlag, 2013. 201−211. [doi: 10.1007/978-3-642-36642-0_21]

[43] Gibson W. Implementing a personalized and location based service for delivering advertisements to android mobile users. European Journal of Innovation and Business, 2013,10(1):1−5.

[44] Ricci F. Mobile recommender systems. Int'l Journal of Information Technology and Tourism, 2011,12(3):205−231.

[45] Gupta A, Kalra A, Boston D. MobiSoC: A middleware for mobile social computing applications. Mobile Networks and Applications, 2009,14(1):35−52. [doi: 10.1007/s11036-008-0114-9]

[46] Jembere E, Adigun MO, Xulu SS. Mining context-based user preferences for m-services applications. In: Proc. of the IEEE/WIC/ACM Int'l Conf. on Web Intelligence. Fremont: IEEE, 2007. 757−763. [doi: 10.1109/WI.2007.94]

[47] Liu DR, Tsai PY, Chiu PH. Personalized recommendation of popular blog articles for mobile applications. Information Sciences, 2011,181(9):1552−1572. [doi: 10.1016/j.ins.2011.01.005]

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

[48] Park MH, Park HS, Cho SB. Restaurant recommendation for group of people in mobile environments using probabilistic multi-criteria decision making. In: Proc. of the 8th Asia-Pacific Conf. on Computer-Human Interaction, Vol.5068. 2008. 114−122. [doi: 10.1007/978-3-540-70585-7_13]

[49] Girardello A, Michahelles F. AppAware: Which mobile applications are hot? In: Proc. of the 12th Int'l Conf. on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services. Lisboa: ACM Press, 2010. 431−434. [doi: 10.1145/1851600.1851698]

[50] Yang WS, Cheng HC, Dia JB. A location-aware recommender system for mobile shopping environments. Expert Systems with Applications, 2008,34(1):437−455. [doi: 10.1016/j.eswa.2006.09.033]

[51] Park, MH, Hong JH, Cho SB. Location-Based recommendation system using bayesian user's preference model in mobile devices. In: Proc. of the 4th Int'l Conf. on Ubiquitous Intelligence and Computing. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. 1130−1139. [doi: 10.1007/978-3-540-73549-6_110]

[52] Schilit WN. A system architecture for context-aware mobile computing [Ph.D. Thesis]. New York: Columbia University, 1995.

[53] Chen G, Kotz D. A survey of context-aware mobile computing research. Technical Report, TR2000-381, Hanover: Dartmouth College, 2000.

[54] Hakkila J, Mantyjarvi J. Collaboration in context-aware mobile phone applications. In: Proc. of the 38th Hawaii Int'l Conf. on System Sciences. Hawaii: IEEE, 2005. 33−39. [doi: 10.1109/HICSS.2005.145]

[55] Hosseini-Pozveh M, Nematbakhsh M, Movahhedinia N. A multidimensional approach for context-aware recommendation in mobile commerce. Int'l Journal of Computer Science and Information Security, 2009,3(1):86−91. [doi: 10.1504/IJICS.2009.026622]

[56] Setten MV, Pokraev S, Koolwaaij J. Context-Aware recommendations in the mobile tourist application COMPASS. In: Proc. of the 3rd Int'l Conf. on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2004. 515−524. [doi: 10.1007/978-3-540-27780-4_27]

[57] Lee TQ, Park Y. A time-based approach to effective recommender systems using implicit feedback. Expert Systems with Applications, 2008,34(4):3055−3062. [doi: 10.1016/j.eswa.2007.06.031]

[58] Yap GE, Tan AH, Pang HH. Discovering and exploiting causal dependencies for robust mobile context-aware recommenders. IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, 2007,19(7):977−992. [doi: 10.1109/TKDE.2007.1028]

[59] Tang H, Liao SS, Sun SX. A prediction framework based on contextual data to support mobile personalized marketing. In: Proc. of the Decision Support Systems. 2013. 1−13.

[60] Choeh JY, Lee HJ. Mobile push personalization and user experience. AI Communications, 2008,21(2):185−193. [doi: 10.3233/AIC-2008-0435]

[61] Zhang Z, Lin H, Liu K, Wu D, Zhang G, Lu J. A hybrid fuzzy-based personalized recommender system for telecom products/services. Information Sciences,2013,235:117−129. [doi: 10.1016/j.ins.2013.01.025]

[62] Böhmer M, Bauer G. Improving the recommendation of mobile services by interpreting the user's icon arrangement. In: Proc. of the 11th Int'l Conf. on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services. Bonn: ACM Press, 2009. 15−18. [doi: 10.1145/1613858.1613964]

[63] Demestichas KP, Koutsorodi AA, Adamopoulou EF, Theologou ME. Modeling user preferences and configuring services in B3G devices. Wireless Networks, 2008,14(5):699−713. [doi: 10.1007/s11276-007-0044-7]

[64] Goenka K, Arpinar IB, Nural M. Mobile Web search personalization using ontological user profile. In: Proc. of the 48th Annual Southeast Regional Conf. Oxford: ACM Press, 2010. [doi: 10.1145/1900008.1900028]

[65] Jung JJ. Contextualized mobile recommendation service based on interactive social network discovered from mobile users. Expert Systems with Applications, 2009,36(9):11950−11956. [doi: 10.1016/j.eswa.2009.03.067]

[66] Lee G, Bauer S, Faratin P, Wroclawski J. Learning user preferences for wireless services provisioning. In: Proc. of the 3rd Int'l Joint Conf. on Autonomous Agents and Multi-agent Systems. Washington: IEEE Computer Society, 2004. 480−487. [doi: 10.1109/AAMAS.2004.161]

[67] Hong J, Suh EH, Kim J, Kim S. Context-Aware system for proactive personalized service based on context history. Expert Systems with Applications, 2009,36(4):7448−7457. [doi: 10.1016/j.eswa.2008.09.002]

[68] De Pessemier T, Deryckere T, Martens L. Extending the Bayesian classifier to a context-aware recommender system for mobile devices. In: Proc. of the 5th Int'l Conf. on Internet and Web Applications and Services. Barcelona: IEEE, 2010. 242−247. [doi: 10.1109/ICIW.2010.43]

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

[69] Xu DJ, Liao SS, Li Q. Combining empirical experimentation and modeling techniques: A design research approach for personalized mobile advertising applications. Decision Support Systems, 2008,44(3):710−724. [doi: 10.1016/j.dss.2007.10.002]

[70] Kim JK, Kim HK, Oh HY, Ryu YU. A group recommendation system for online communities. Int'l Journal of Information Management, 2010,30(3):212−219. [doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2009.09.006]

[71] Chiu PH, Kao GYM, Lo CC. Personalized blog content recommender system for mobile phone users. Int'l Journal of Human-Computer Studies, 2010,68(8):496−507. [doi: 10.1016/j.ijhcs.2010.03.005]

[72] Pashtan A, Heusser A, Scheuermann P. Personal service areas for mobile Web applications. IEEE Internet Computing, 2004,8(6): 34−39. [doi: 10.1109/MIC.2004.69]

[73] Eagle N, Pentland A, Lazer D. Inferring social network structure using mobile phone data. Proc. of the National Academy of Sciences (PNAS), 2009,106(36):15274−15278. [doi: 10.1007/978-0-387-77672-9_10]

[74] Yan B, Chen G. AppJoy: Personalized mobile application discovery. In: Proc. of the 9th Int'l Conf. on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys 2011). Bethesda: ACM Press, 2011. 113−126. [doi: 10.1145/1999995.2000007]

[75] Prete DL, Capra L. DiffeRS: A mobile recommender service. In: Proc. of the 11th Int'l Conf. on Mobile Data Management. Kansas: IEEE Computer Society, 2010. 21−26. [doi: 10.1109/MDM.2010.22]

[76] Xie X, Lian DF. Mobile social networking and user location. China Computer Federation Communications, 2012,8(5):26−31 (in Chinese with English abstract).

[77] Mohrehkesh S, Ji SW, Nadeem T, Weigle MC. Demographic prediction of mobile user from phone usage. In: Proc. of the Mobile Data Challenge 2012 (by Nokia) Workshop. Newcastle, 2012. 16−21.

[78] Yan Z, Zhang P, Deng RH. Truberepec: A trust-behavior-based reputation and recommender system for mobile applications. Personal and Ubiquitous Computing, 2012,16(5):485−506. [doi: 10.1007/s00779-011-0420-2]

[79] Gaikwad AD, Dharmi RR. Personal approach for mobile search: A review. In: Proc. of the Int'l Conf. on Pattern Recognition, Informatics and Mobile Engineering (PRIME). Salem: IEEE, 2013. 221−224. [doi: 10.1109/ICPRIME.2013.6496476]

[80] Chang YJ, Liu HH, Chou LD, Chen YW, Shin HY. A general architecture of mobile social network services. In: Proc of the 2007 Int'l Conf. on Convergence Information Technology. Gyeongju: IEEE, 2007. 151−156. [doi: 10.1109/ICCIT.2007.132]

[81] Kjeldskov J, Paay J. Just-for-Us: A context-aware mobile information system facilitating sociality. In: Proc. of the 7th Int'l Conf. on Human Computer Interaction with Mobile Devices & Services. Salzburg: ACM Press, 2005. 23−30. [doi: 10.1145/1085777.1085782]

[82] Kamvar M, Baluja S. The role of context in query input: Using contextual signals to complete queries on mobile device. In: Proc of the 9th Int'l Conf. on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services. Singapore: ACM Press, 2007. 405−412. [doi: 10.1145/1377999.1378046]

[83] Jones S, Jones M, Deo S. Using key phrases as search result surrogates on small screen devices. Personal Ubiquitous Computing, 2004,8(1):55−68. [doi: 10.1007/s00779-004-0258-y]

[84] Karlson AK, Robertson GG, Bobbins DC, Czerwinski M, Simth G. FaThumb: A facet-based interface for mobile search. In: Proc. of the SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems. Montreal: ACM Press, 2006. 711−720. [doi: 10.1145/1124772.1124878]

[85] Horozov T, Narasimhan N, Vasudevan V. Using location for personalized POI recommendations in mobile environments. In: Proc. of the Int'l Symp. on Applications and the Internet. Phoenix: IEEE, 2006. 124−129. [doi: 10.1109/SAINT.2006.55]

[86] Baltrunas L, Ludwig B, Peer S, Ricci F. Context-Aware places of Interest recommendations for mobile users. Design, User Experience, and Usability—Theory, Methods, Tools and Practice, 2011,6769:531−540. [doi: 10.1007/978-3-642-21675-6_61]

[87] Balke WT, Kießling W, Unbehend C. Personalized services for mobile route planning: A demonstration. In: Proc. of the Extending Database Technology (EDBT 2004). Heraklion: IEEE Computer Society Press, 2004. 771−773. [doi: 10.1109/ICDE.2003.1260863]

[88] Park S, Kang S, Kim YK. A channel recommendation system in mobile environment. IEEE Trans. on Consumer Electronics, 2006, 52(1):33−39. [doi: 10.1109/TCE.2006.1605022]

[89] Kwon HJ, Hong KS. Personalized real-time location-tagged contents recommender system based on mobile social networks. In: Proc. of the IEEE Int'l Conf. on Consumer Electronics (ICCE). Las Vegas: IEEE, 2012. 558−559. [doi: 10.1109/ICCE.2012.6161972]

[90] Yin H, Sun Y, Cui B, Hu Z, Chen L. Lcars: A location-content-aware recommender system. In: Proc. of the 19th ACM SIGKDD Int'l Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining. Chicago: ACM Press, 2013. 221−229. [doi: 10.1145/2487575.2487608]

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

[91] Bedi P, Agarwal SK. Aspect-Oriented trust based mobile recommender system. Int'l Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications, 2013,5:354−364.

[92] van der Heijden H, Kotsis G, Kronsteiner R. Mobile recommendation systems for decision making 'on the go'. In: Proc. of the Int'l Conf. on Mobile Business. Sydney: IEEE, 2005. 137−143. [doi: 10.1109/ICMB.2005.68]

[93] Baglioni E, Becchetti L, Bergamini L, Colesanti UM, Filipponi L, Persiano G, Vitaletti A. A lightweight privacy preserving SMS-based recommendation system for mobile users. In: Proc. of the RecSys 2010. Barcelana: ACM Press, 2010. 191−198. [doi: 10.1145/1864708.1864745]

附中文参考文献:

[3] 杨骏,陈俊亮,孟祥武.一种面向 LBS 的电信增值业务生成方法及实现.软件学报,2009,20(4):965−974. http://www.jos.org.cn/1000-9825/3192.htm [doi: 10.3724/SP.J.1001.2009.03192]

[16] 孟祥武,史艳翠,王立才,张玉洁.用户对移动网络服务偏好学习技术综述.通信学报,2013,34(2):147−155. [doi: 10.3969/j.issn.1000-436x.2013.02.018]

[17] 黄海清,张平,张曦文.基于用户偏好的智能业务选取研究.电子学报,2006,34(12A):2537−2540.

[18] 王玉祥,乔秀全,李晓峰,孟洛明.上下文感知的移动社交网络服务选择机制研究.计算机学报,2010,33(11):2126−2135. [doi: 10.3724/SP.J.1016.2010.02126]

[19] 黄武汉,孟祥武,王立才.移动通信网中基于用户社会化关系挖掘的协同过滤算法.电子与信息学报,2011,33(12):3002−3007.

[20] 王立才,孟祥武,张玉洁.移动网络服务中基于认知心理学的用户偏好提取方法.电子学报,2011,39(11):2547−2553. [doi: 10.1360/jos172518]

[21] 徐风苓,孟祥武,王立才.基于移动用户上下文相似度的协同过滤推荐算法.电子与信息学报,2011,33(11):2785−2789. [doi: 10.3724/SP.J.1146.2011.00384]

[22] 史艳翠,孟祥武,张玉洁,王立才.一种上下文移动用户偏好自适应方法.软件学报,2012,23(10):2533−2549. http://www.jos.org.cn/1000-9825/4228.htm [doi: 10.3724/SP.J.1001.2012.04228]

[24] 肖觅,孟祥武,史艳翠.一种基于移动用户行为的回路融合社区发现算法.电子与信息学报,2012,34(10):2369−2374. [doi: 10.3724/SP.J.1146.2012.00331]

[25] 乔秀全,杨春,李晓峰,陈俊亮.社交网络服务中一种基于用户上下文的信任度计算方法.计算机学报,2011,34(12):2404−2413. [doi: 10.3724/SP.J.1016.2011.02403]

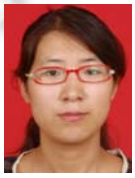
[27] 王立才,孟祥武,张玉洁.上下文感知推荐系统.软件学报,2012,23(1):1−20. http://www.jos.org.cn/1000-9825/4100.htm [doi: 10.3724/SP.J.1001.2012.04100]

[35] 谢海涛,孟祥武.适应用户需求进化的个性化信息服务模型.电子学报,2011,39(3):643−648.

[39] 孟祥武,胡勋,王立才,张玉洁.移动推荐系统及其应用.软件学报,2013,24(1):91−108. http://www.jos.org.cn/1000-9825/4292.htm [doi: 10.3724/SP.J.1001.2013.04292]

[76] 谢幸,连德富.移动社交网络和用户位置.中国计算机学会通讯,2012,8(5):26−31.

孟祥武(1966－),男,山东招远人,博士,教授,博士生导师,CCF 高级会员,主要研究领域为网络服务,通信软件,人工智能.
E-mail: mengxw@bupt.edu.cn



史艳翠(1982－),女,博士,主要研究领域为用户偏好自适应技术,推荐系统,个性化服务.
E-mail: shi_yancui@126.com

王凡(1982－),女,博士生,主要研究领域为移动用户需求获取,个性化服务.
E-mail: wangfan2012@bupt.edu.cn

张玉洁(1969－),女,讲师,主要研究领域为智能信息处理,通信软件,网络服务.
E-mail: zhangyj@bupt.edu.cn

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn