

面向知识挖掘的情境感知应用研究综述

■ 张李义 殷聪

[摘 要] 近年来,情境感知应用已经成为商务智能领域最为活跃的研究领域之一。通过对最近几年情境感知应用的研究进展进行综述,提出一个 4 层分类框架,并对其涉及到的概念与理论、情境感知计算以及应用实践等进行比较和分析,概括它们的特点和在实际应用中的效果。最后,针对应用现状对有待深入研究的重点和难点问题进行讨论并提出相关建议。

[关键词] 情境感知 情境建模 偏好提取 情境感知应用 用户界面 知识挖掘

[分类号] TP18

1 引言

随着互联网技术的深入发展,人们对智能化的需求与日俱增。个性化需求中情境感知(context-aware)已成为计算机研究领域中至关重要的研究热点。情境感知应用将情境感知计算理论引入推荐系统中,使系统能够自动发现和利用位置、周围环境以及用户行为等情境信息,为用户提供服务和计算资源。传统推荐系统中,人们往往只关注“用户-项目”之间的关联关系,而忽视了二者之间的情境信息。为了提高推荐精确度和用户满意度,系统应感知到用户的情境信息并自动适应随着时间推移变化了的信息^[1-2]。目前,学术机构,如波尔察诺自由大学^[3-4]、慕尼黑工业大学^[5]、首尔大学^[6]、IBM 研究院^[7]、微软研究院^[8]等对情境感知的理论、方法以及应用展开了深入的研究。ACM 推荐系统年会从 2009 年开始以情境感知推荐系统为题举办专题研讨会,主要围绕情境建模技术、情境数据收集、情境数据相关性算法等当前研究的热点和难点进行深入讨论。

J. Hong 等人^[9]以情境感知系统体系结构为基础,将情境感知系统分为基础研究层、网络层、中间件层、应用层和用户基础设施层 5 层结构,为后来的研究提供了重要的参考价值。该体系结构也可以被借鉴到情境感知应用上,但是该结构也存在不足之处:关于情境感知计算这一重点领域的研究还有待深入;应用层内部细分不够全面和合理;该结构仅收集期刊文献,忽视了其他文献的学术价值;Hong 等人的综述研究的时间范围是 2000-2007 年,但是近 5 年以来,关于情境感

知应用的研究日新月异,因此有必要针对这些问题重新展开综述,为当前的研究提供更加重要的参考,这就是本文的目的。

2 文献收集方法

2.1 文献筛选标准

为了提高检索文献的精确度和质量,笔者制定了如下 3 条标准,不符合要求的文献则被排除。

表 1 与情境感知应用相关的重点会议

会议主题	会议名称	会议时间(年)	会议地点
计算与处理	International Conference on Pervasive Computing and Applications	2010	斯洛文尼亚,马里博尔
	IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference	2009	新加坡,生物谷
	IEEE International Conference on Ubi-media Computing	2010	中国,金华
	IEEE International Conference on Services Computing	2010	美国,迈阿密
通讯与网络	International Conference on Advanced Communication Technology	2010	韩国,江原道
	International Conference on Future Computer and Communication	2011	罗马尼亚,雅西
	The International Wireless Communications and Mobile Computing Conference	2008	希腊,克里特岛
信号处理与分析	International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering	2009	中国,青岛
	International Symposium on Information Science and Engineering	2008	中国,上海
	International Conference on Internet and Web Applications and Services	2012	德国,斯图加特
其他	Symposium on Usable Privacy and Security	2011	英国,纽卡斯尔

• 本文主要以“context-aware”为关键字,对如下网络数据库进行检索:ProQuest Direct、EBSCO Business Source Premier、Science Direct、Spring Link Online

[作者简介] 张李义,武汉大学信息管理学院教授,系主任,博士生导师;殷聪,武汉大学信息管理学院博士研究生,通讯作者,E-mail:simusic@whu.edu.cn。

收稿日期:2012-10-26 修回日期:2012-12-25 本文起止页码:140-146 本文责任编辑:高丹

Libraries、IEEE Xplore、ACM Digital Library、Wiley InterScience。

- 为了揭示情境感知应用研究的最新现状,本文主要收集 2003 - 2012 年近 10 年的文献,同时剔除标题和关键字不包含“context-aware”的文献。
- 剔除低质量会议论文,重点关注一些会议,同时不排除质量较高的其他会议文献(见表 1)。

2.2 文献筛选流程

依据上述标准,本文文献筛选流程如图 1 所示:

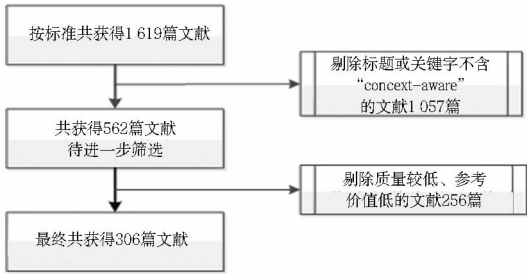


图 1 文献筛选流程

首先按照标准 1,在上述 7 个数据库中检索到 1 619 篇文献,每个数据库数量分别为 IEEE Xplore(537 篇)、Spring Link Online Libraries (303 篇)、Science Direct(217 篇)、ACM Digital Library(235 篇)、ProQuest Direct (141 篇)、Wiley InterScience (127 篇)、EBSCO Business Source Premier(59 篇)。其次,按照标准 2,剔除年份不在 2003 - 2012 年内,且标题或者关键字不包含“context-aware”的文献,共获得 562 篇。最后,按照标准 3,剔除文献质量较低、参考意义不大的会议论文,最终共获得 306 篇文献。

3 文献分类基本特征

经过上述标准筛选,最终共获得 306 篇文献,其中期刊文献 188 篇,会议文献 91 篇,学位论文 14 篇,综述文献 9 篇,书籍 4 本。这些文献按照不同标准进行分类,其基本特征如下:

3.1 按文献来源分类

按文献来源分类,IEEE Xplore 占的比重最大(101 篇,33.01%),该数据库收录的期刊与情境感知紧密相关。除此之外,Spring Link Online Libraries (61 篇,19.93%)和 Science Direct(58 篇,18.95%)分列第二、三位,见表 2。

3.2 按文献发表年份分类

2003 - 2012 年,关于情境感知的文献逐年增加,仅在 2008 年有小幅度的回落,2011 年文献数量是

表 2 按文献来源的数据库分类

网络数据库	文献数量(篇)	所占比例(%)
IEEE Xplore	101	33.01
Spring Link Online Libraries	61	19.93
Science Direct	58	18.95
ACM Digital Library	42	13.73
ProQuest Direct	21	6.86
Wiley InterScience	13	4.25
EBSCO Business Source Premier	10	3.27
共计	306	100

2003 年文献的 7 倍多。毫无疑问,学术界对于情境感知应用的关注度还会不断升温。

从文献类型来看,会议文献和期刊文献的数量总体呈上升之势,学位论文、书籍和综述的数量相对较少,如图 2 所示:

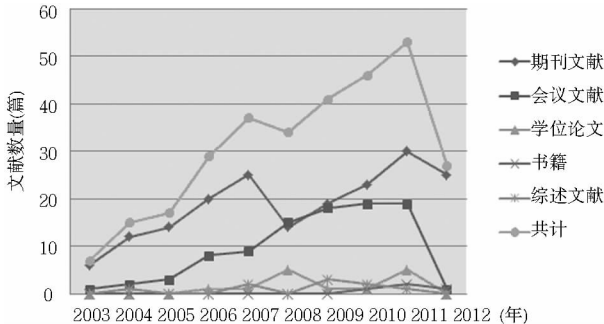


图 2 文献发表年份分布

注:2012 年收集的文献起止时间为 2012 年 1 - 7 月。

3.3 按文献类型分类

按文献类型分类,期刊文献占的比例最大(197 篇,64.38%),这主要是由期刊文献的高质量决定的。会议文献(91 篇,29.74%)所占比例次之,虽然会议文献数量大,但是质量较低。其他文献类型为学位论文(14 篇,4.57%)、书籍(4 本,1.31%),如表 3 所示:

表 3 按文献类型分类

文献类型	文献数量(篇)	所占比例(%)
期刊文献	197	64.38
会议文献	91	29.74
学位论文	14	4.57
书籍	4	1.31
共计	306	100

3.3.1 期刊论文

所收集的文献中篇数超出 3 篇及以上的期刊,如表 4 所示:

表 4 含 3 篇及以上与情境感知相关文献的期刊

期 刊	文献数量 (篇)	占总文献比例 (%)
Expert Systems with Applications	15	7. 98
IEEE Pervasive Computing	14	7. 45
Personal and Ubiquitous Computing	6	3. 19
Pervasive and Mobile Computing	6	3. 19
Wireless Personal Communications	6	3. 19
IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering	4	2. 13
International Journal of Mobile Communication	3	1. 60
IEEE Communications Magazine	3	1. 60

Expert Systems with Applications 所占文献数量最多 (15 篇, 7. 98%), IEEE Pervasive Computing (14 篇, 7. 45%) 的文献数量仅次于 Expert Systems with Applications。这些期刊与商务智能、普适计算等领域有密切的关系,对于情境感知的研究如情境模式识别、用户偏好提取与建模、情境感知推荐等方面的研究比较深入。

3.3.2 会议论文

所收集的文献中篇数超出 3 篇及以上的会议,如表 5 所示:

表 5 含 3 篇及以上与情境感知相关文献的会议

会 议	文献数量 (篇)	占有所有会议 文献比例 (%)
International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT	9	9. 89
ACM Conference on Recommender Systems	4	4. 40
International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval	3	3. 30
International Conference on Intelligent User Interfaces	3	3. 30
International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies	3	3. 30
International Conference on Mobile Data Management, MDM	3	3. 30
Workshop on Context-Aware Movie Recommendation	3	3. 30

这些会议基本上都是 IS/IT 会议:ICACT 是收集的文献中文献最多的会议 (9 篇, 9. 89%), ACM Conference on Recommender Systems (4 篇, 4. 40%) 居于次席。

3.3.3 学位论文与书籍 本文共收集情境感知的学位论文和书籍 18 篇,这些文献涵盖了情境感知领域如情境感知理论、数据管理、建模、推荐以及隐私与安全等方面的不同观点,理论性和系统性强,见解独特,为情境感知应用的发展起到重要的推动作用。

4 情境感知应用分类框架

为了分析情境感知应用的相关文献,需要提出一种分类框架。J. Hong 提出的 5 层分类框架^[9]层次复杂。事实上,网络层主要负责情境原始数据的感知和收集,中间件层负责项目、情境、用户三者之间关联转换。因此,网络层和中间件层负责情境感知计算,可以合并为计算层;对于情境感知应用的分类不合理,智能空间、旅游、交通等其他生活方面可合并为智能生活,包括家庭、医疗、学习、旅游、交通和其他 6 个方面。因此,该 5 层框架可以合并为 4 层框架:基础研究层、计算层、应用层和用户基础设施层。按文献主题分类,如表 6 所示:

表 6 按文献主题分类

分类标准	文献数量 (篇)	占该层比例 (%)	占有所有文献比例 (%)
1 基础研究层	96	100	31. 37
1. 1 情境	26	27. 08	8. 49
1. 2 应用框架	20	20. 83	6. 54
1. 3 情境数据管理	16	16. 67	5. 23
1. 4 效用评价	10	10. 42	3. 27
1. 5 隐私与安全	15	15. 63	4. 90
1. 6 综述	9	9. 37	2. 94
2 计算层	93	100	30. 39
2. 1 情境识别与获取	15	16. 13	4. 90
2. 2 情境建模	29	31. 18	9. 48
2. 3 情境用户偏好提取	27	29. 03	8. 82
2. 4 情境推荐生成	22	23. 66	7. 19
3 应用层	95	100	31. 05
3. 1 智能生活	53	55. 79	17. 32
3. 1. 1 家居	12	12. 63	3. 92
3. 1. 2 健康	13	13. 68	4. 25
3. 1. 3 学习	13	13. 68	4. 25
3. 1. 4 旅游	3	3. 16	0. 98
3. 1. 5 交通	3	3. 16	0. 98
3. 1. 6 其他	9	9. 48	2. 94
3. 2 移动商务	10	10. 53	3. 27
3. 3 信息系统	12	12. 63	3. 93
3. 4 通信系统	9	9. 47	2. 94
3. 5 网络服务	11	11. 58	3. 59
4 用户基础设施层	22	100	7. 19
4. 1 用户界面	17	77. 27	5. 56
4. 2 用户体验	5	22. 73	1. 63
共计	306		100

4.1 基础研究层

关于情境的概念,早期学者^[10-11]将其局限于时间、位置等物理层面,后来学者^[12]将其扩展到社会层

面,认为情境也具有社会属性。顾君忠^[13]将其拓展为计算情境、用户情境、物理情境、时间情境和社会情境。情境数据管理是对情境及相关信息进行标准化管理。E. Duval^[14]等人引入情境化注意元数据(Contextualized Attention Metadata, CAM)的概念,用于描述情境。效用评价指标体系主要采用推荐精确度^[15],包括预测精确度指标和分类精确度指标,采用调查问卷^[16]和邀请用户参与人工实验^[17]来调查用户满意度,也可以作为效用评价指标。

4.2 计算层

情境的识别获取可以由人机交互提供或系统自动识别获取情境。通过不同的情境识别获取技术,建立情境识别获取技术体系结构^[18],以有效地支持情境的识别与获取,如图 3 所示:

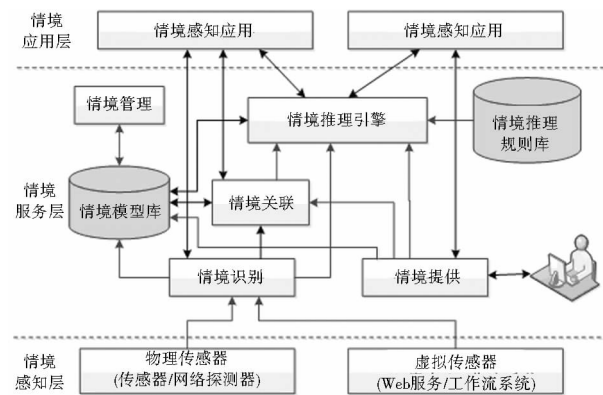


图 3 情境识别获取的技术体系结构

情境感应层通过物理或虚拟传感器识别和获取位置、天气等直接情境,同时还通过人机交互由用户提供情境信息。情境关联模块根据以上情境信息与情境模型库交互,按照情境模型预定义的关系和约束,生成定义情境信息。然后通过情境推理引擎实现情境模型库与情境推理规则库的协同交互,采用数据驱动推理、目标驱动推理和综合推理获取推理情境信息。

情境建模将情境信息融入整个推荐生成过程中,设计合适的算法、模型处理多维度用户偏好。情境建模需要处理高维数据,过程复杂,但也最能有效挖掘用户、情境、项目之间的关联关系。情境建模方法可以分为基于启发式和基于模型的两类方法。前者直观,如最近邻算法^[19]、聚类^[20]等,后者利用基于层次回归的贝叶斯网络^[21]、贝叶斯偏好模型^[22]、支持向量机^[23]和张量分解^[24]等机器学习或数学统计等相关模型。建模耗时且需要大量参数优化,但情境建模往往只需要存储远小于原始数据的模型,在一定程度上降低了数据的稀疏性,而且推荐精确度高,代表情境感知推荐技

术的研究方向。

偏好用于描述决策者对两个或多个项目的排序关系,用户偏好提取技术主要有两种研究思路:定量分析和定性分析。这两种思路的比较和分析,如表 7 所示:

表 7 不同的用户偏好提取技术比较

分类	主要优缺点	典型技术	代表文献
定量分析	优点:量化表示和计算容易,且便于推荐生成和 TOP-n 推荐; 缺点:使各个具体情境用户偏好之间形成全序关系,不允许偏好之间的弱序表示,不利于直观描述任何两个具体偏好之间的关系,也不利于逻辑推理。	协同过滤	文献[25]
		相似度计算	文献[26]、[27]
		聚类	文献[28]
		决策树	文献[29]、[30]
定性分析	优点:利于描述那些不一定满足全序关系的情境用户偏好,方便处理偏好的弱序关系(直观、自然),可以表示任何两个情境用户偏好具体实例之间的关系,并能够进行逻辑推理; 缺点:不便于量化表示和计算。	实体关系图	文献[31]
		严格偏序模型	文献[32]
		条件偏序模型	文献[33]
		贪婪算法	文献[34]

4.3 应用层

情境感知应用与服务以其强大的感知计算能力和个性化的鲜明特征使其在日常生活领域拥有广阔的前景。这些应用提供用户智能化环境(家庭、医院、旅游等)下的个性化服务。S. H. Baek 等人^[35]设计了一个基于情境感知技术的家庭智能护理系统。F. Bellotti 等人^[36]提出了一个基于情境感知的旅游向导系统,当用户去旅游时,它可以针对用户的喜好为用户提供旅游的相关信息。情境感知还可以应用到其他领域,W. Woerndl 等人^[37]提出一个基于位置的 Vanet 系统,旨在为司机选择最佳加油站。J. H. Su 等人^[20]提出了 uMender 系统,通过对音乐内容特征进行两层聚类分析,并根据情境相似性将用户划分到不同的群组,从而生成协同推荐。除此之外,情境感知应用还包括信息系统,通讯系统和 Web 服务。目前,将情境感知技术应用到图书馆领域的研究较少,该方面有待加强。

4.4 用户基础设施层

移动性是情境感知的核心,这就决定了移动设备必然处于复杂的情境环境之下。移动设备由于键盘输入不便,显示区域受限等因素制约,导致使用功能被弱化,人机对话认知负荷增加^[38]。有学者^[39]将情境因素纳入用户界面设计中,在不增加用户认知和操作负担的前提下自动对情境进行感知,并根据结果向用户提供个性化服务,从而改进用户界面交互本身的局限性,同时提高界面的可用性。用户体验作为人们对于针对使用或期望使用的产品、系统及服务的认知印象和回应,被称为创新 2.0 模式的精髓。但当前学术界对这一主题的研究严重不足,因此必须加强情境感知应用

在用户体验方面的研究。

5 讨论与建议

情境感知应用近几年越来越受到学术界的关注,在海量个性化需求的驱动下,情境感知应用已经取得一定的进展。但发展道路依然崎岖。但是当前的研究还有很多方面值得深入探讨,主要包括以下几个方面:

- 加强企业情境研究,增强企业核心竞争力。当前关于情境感知应用的研究主要是以人为中心展开的,很少有研究是围绕企业情境进行的。

企业面对的情境纷繁复杂,如企业核心能力、分销渠道、客户关系、成本结构、价值链、收入流、行业结构、竞争格局和消费者需求等^[40]。企业要在激烈的市场竞争环境下立于不败之地,就必须深入了解和把握企业当前的情境信息。了解竞争对手的优势,取长补短、扬长避短,与竞争者在目标市场的选择、产品档次、价格、服务策略上有所差别,与竞争对手形成良好的互补经营结构。

- 研究情境感知的商业模式,实现情境感知的商业化发展。当前的研究主要涉及情境感知理论、技术和应用,而对情境感知应用的盈利模式相关的策略选择和商业模式鲜有涉及^[9]。在市场经济条件下,没有商业驱动力的创新是无法得到广泛应用的。因此,应充分分析用户目标群体,并对情境感知应用价值链深入研究,认清这些应用的价值链构成、不同主体在价值链中的作用和职责以及涉及到的物流、信息流和资金流,选择合适的营销策略和商业模式,为情境感知商业化的发展奠定相关的理论基础。所以情境感知应用的商业模式问题是亟待突破的课题。

- 把握用户偏好演化,提高推荐精确度,实现企业精准营销。用户偏好不是固定不变的,它会受到外界因素的影响,情境用户偏好也会随着情境因素如年龄、阅历、所处环境和周围人群等因素的改变而不断变化^[41]。

企业要实现精准营销的目的,就必须及时收集用户变化了的情境,提取新的情境偏好。否则,按照原有用户偏好进行推荐,会大大降低推荐的精确度,甚至因推荐项目不符合用户现有需求而遭到用户反感,影响企业形象。因此,研究如何及时获取用户的动态情境,把握用户偏好的演化对于企业实现精准营销至关重要,这方面的研究亟待突破。

- 加强情境感知技术在图书馆领域的研究,提高图书馆信息服务质量。无线技术的发展和无线设备的

普及,给传统图书馆服务带来了极大的挑战^[42]。读者可以通过移动设备访问图书馆资源,如馆藏目录、在线数据库和其他电子资源等。如何准确理解读者的需求,提高图书馆服务质量是图书馆研究的热点问题之一。应将情境感知引入到图书馆领域,通过识别与获取读者当前情境信息,构建图书馆与读者之间的关系,主动追踪读者需求信息,根据读者概况为其提供服务,最大程度地提高服务质量^[43]。但是当前情境感知应用于图书馆这一领域的研究很少,值得学者加以关注。

- 改进数据处理技术,提高信息处理能力,应对大数据的挑战,提高情境感知应用效用。当今时代,信息将呈爆发式增长,大数据时代已经来临。信息增长快,但数据价值密度非常低,找到有价值的数据如同大海捞针,数据的处理变得异常艰难^[44]。情境数据的处理也不例外,要在浩瀚的信息海洋中获取相关情境信息,并对这些情境信息进行处理,面临着数据量大、计算复杂度高的问题。

- 加强隐私与安全问题研究,突破情境感知领域发展瓶颈。隐私和安全问题一直困扰着情境感知推荐系统的发展^[45]。一方面,系统需要记录用户信息和用户行为的数据,这些都涉及到用户的信息安全和隐私,一旦泄漏可能会导致用户遭受到某些损失。另一方面,情境感知推荐系统的开放性和自发交互性等特性对用户的隐私和安全提出了挑战。这一问题的解决不仅促进情境感知的发展,还能解决用户隐私以及相应的社会问题^[46]。但是,目前解决用户隐私和安全问题的方案一直悬而未决,因此该问题也成为情境感知研究领域的热点之一。

6 总结

本文按照不同的分类标准对这些文献进行分类和分析,揭示了情境感知应用在近10年的研究进展和发展趋势。另外,构建了一个情境感知应用的体系结构,将其分为基础研究层、计算层、应用层和用户基础设施层4个方面,并对每一层的研究现状进行分析,发现了现有研究的不足之处,为情境感知应用的研究提供了重要的参考依据。

虽然目前国内外关于情境感知的研究取得了一定进展,但任务依旧艰巨,如不同的情境感知涉及到的情境不同,如何判断影响情境用户偏好提取的重要因素及其影响程度,不至于造成情境的缺失或冗余;情境数据海量且计算复杂,如何采用有效技术进行情境表示和提取;用户偏好不会一成不变,如何检测并修正用户

情境偏好;情境感知不仅与用户、情境以及资源紧密相关,还与竞争情报、行为决策、心理学等紧密相关,如何开展情境感知跨领域跨学科的交叉研究等问题,都是未来研究的重中之重。

参考文献:

- [1] Zhu Fen, Mutka M W, Lionel Ni M. Service discovery in pervasive computing environments[J]. IEEE Pervasive Computing, 2005, 4 (4): 81 - 90.
- [2] Bolchini C, Schreiber F A, Tanca L. A methodology for a very small database design[J]. Information Systems, 2007, 32 (1):61 - 82.
- [3] Baltrunas L, Ricci F. Context-based splitting of item ratings in collaborative filtering [C]// Proceedings of the Third ACM Conference on Recommender Systems. New York: ACM Press, 2009:245 - 248.
- [4] Ricci F. Mobile recommender systems [J]. Journal of Information Technology and Tourism, 2011, 12(3):205 - 231.
- [5] Woerndl W, Brocco M, Eigner R. Context-aware recommender systems in mobile scenarios [J]. Journal of Information Technology and Web Engineering, 2009, 4(1):67 - 85.
- [6] Shin D, Lee J W, Yeon J, et al. Context-aware recommendation by aggregating user context[C]// Proceedings of the 2009 IEEE Conference on Commerce and Enterprise Computing. Vienna: IEEE Computer Society, 2009:423 - 430.
- [7] Chen Annie. Context-aware collaborative filtering system: Predicting the user's preferences in ubiquitous computing environment[C]// Proceedings of the First International Conference on Location - and Context-Awareness. Berlin: Springer-Verlag, 2005:244 - 253.
- [8] White R, Bailey P, Chen Liwei. Predicting user interests from contextual information[C]// Proceedings of the 32nd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. New York: ACM Press, 2009:363 - 370.
- [9] Hong Jong-yi, Suh Eui-ho, Kim Sung-Jin. Context-aware systems: A literature review and classification [J]. Expert System Application, 2009, 36(4): 8509 - 8522.
- [10] Schilit B, Adams N, Want R. Context-Aware Computing Applitations [EB/OL]. [2012 - 10 - 21]. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1440041>.
- [11] Ryan N, Pascoe J, Morse D. Enhanced reality fieldwork: The context aware archaeological assistant [R]. Oxford: British Archaeological Reports, 1998.
- [12] Snowdon D, Grasso A. Providing context awareness via a large screen display [EB/OL]. [2012 - 08 - 24]. <http://smartechnology.gatech.edu/jspui/bitstream/1853/3464/22/00-18w.pdf>.
- [13] 顾君忠. 情境感知计算[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2009(5):1 - 20.
- [14] Duval E, Wolpers M, Najjar J. Chair's message of CAMA 2006 [EB / OL]. [2012 - 08 - 27]. <http://portalparts.acm.org/1190000/1183604/fm/frontmatter.pdf>.
- [15] Herlocker J L, Konstan J A, Terveen L G, et al. Evaluating collaborative filtering recommender systems [J]. ACM Transactions on Information Systems, 2004, 22(1): 5 - 53.
- [16] Van Setten M, Pokraev S, Koolwaaij J. Context-aware recommendations in the mobile tourist application compass[EB/OL]. [2012 - 10 - 21]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.109.930>.
- [17] Park H S, Yoo J O, Cho S B. A context-aware music recommendation system using fuzzy Bayesian networks with utility theory [C]// Proceedings of the Third International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. Berlin: Springer-Verlag, 2006:970 - 979.
- [18] 潘旭伟. 集成情境知识管理中几个关键技术的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [19] Adomavicius G, Tuzhilin A. Context-aware recommender systems [C]. Recommender Systems Handbook. Berlin: Springer-Verlag, 2011:217 - 253.
- [20] Su Ja-Hwung, Yeh Hsin-Ho, Yu Philip S, et al. Music recommendation using content and context information mining [J]. IEEE Intelligent Systems, 2010, 25(1):16 - 26.
- [21] Yap Ghim-Eng, Tan Ah-Hwee, Pang Hwee-Hwa. Discovering and exploiting causal dependencies for robust mobile context-aware recommenders [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2007, 19(7):977 - 992.
- [22] Adomavicius G, Sankaranarayanan R, Sen S, et al. Incorporating contextual information in recommender systems using a multidimensional approach [J]. ACM Transactions on Information Systems, 2005, 23(1):103 - 145.
- [23] Kahng M, Lee S K, Lee S G. Ranking in context-aware recommender systems[C]// Proceedings of the 20th International World Wide Web Conference. New York: ACM Press, 2011:65 - 66.
- [24] Wang Licai. Understanding and using contextual information in recommender systems[C]// Proceedings of the 34th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. New York: ACM Press, 2011: 1329 - 1330.
- [25] Jrad Z, Aufaure M A, Hadjouni M. A contextual user model for Web personalization[C]// Proceedings of the 2007 International Conference on Web Information Systems Engineering. Berlin: Springer-Verlag, 2007:350 - 361.
- [26] Stefanidis K, Pitoura E, Vassiliadis P. Adding context to preferences[C]// Proceedings of the 23rd International Conference on Data Engineering. Istanbul: The Marmara Hotel, 2007:846 - 855.
- [27] Shin D, Lee J W, Yeon J, et al. Context-aware recommendation by aggregating user context[C]// Proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2009:423 - 430.

- [28] Stefanidis K, Pitoura E. Fast contextual preference scoring of database tuples [C]// Proceedings of the 11th International Conference on Extending Database Technology: Advances in Database Technology. New York: ACM, 2008:344–355.
- [29] Hong J Y, Suh E H, Kim J, et al. Context-Aware system for proactive personalized service based on context history [J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(4):7448–7457.
- [30] Xie Haitao, Meng Xiangwu. A personalized information service model adapting to user requirement evolution [J]. Acta Electronica Sinica, 2011, 39(3):643–648.
- [31] Holland S, Ester M, Kießling W. Preference mining: A novel approach on mining user preferences for personalized applications [C]// The 6th European Conference on Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases. Berlin: Springer-Verlag, 2003: 204–216.
- [32] Jembere E, Adigun M O, Xulu S S. Mining context-based user preferences for m-Services applications [C]// IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology. Washington, D C: IEEE Computer Society, 2007:757–763.
- [33] Miele A, Quintarelli E, Tanca L. A methodology for preference-based personalization of contextual data [C]// Proceedings of the 12th International Conference on Extending Database Technology: Advances in Database Technology. Washington, D C: IEEE Computer Society, 2009:287–298.
- [34] Weng Sung-Shan, Lin Binshan, Chen Wen-Tien. Using contextual information and multidimensional approach for recommendation [J]. Expert Systems with Applications, 2007, 36(2):1268–1279.
- [35] Baek S H, Lee H J, Lim S Y, et al. Managing mechanism for service compatibility and interaction issues in context-aware ubiquitous home [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2005, 51(2):524–528.
- [36] Bellotti F, Berta R, De Gloria A, et al. Implementing tour guides for travelers: Research articles [J]. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 2005, 15(4):461–476.
- [37] Woerndl W, Brocco M, Eigner R. Context-Aware recommender systems in mobile scenarios [J]. International Journal of Information Technology and Web Engineering, 2009, 4(1):67–85.
- [38] Lorna U, Petr H. Designing mobile interfaces using activity theory [J]. International Journal of Mobile Communications, 2008, 6(5):616–632.
- [39] Jun S, Kai S K, Marshall S P. Critical success factors for context-aware mobile communication systems [J]. International Journal of Mobile Communications, 2009, 7(3):290–307.
- [40] Sapna S, Jeffrey D M. Building community: The neighborhood context of social organization [J]. Social Forces, 2006, 84(3):1665–1695.
- [41] Anthony J, Silvia G, Fondazione B K. A preference evolution perspective on lifelong user modeling [EB/OL]. [2012–12–15]. http://sydney.edu.au/engineering/it/~judy/Homeec/Pubs/2009_UMAP_LLUM.pdf.
- [42] Hsi S. The electronic guidebook: A study of user experiences using mobile web content in a museum setting [C]//IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education. Washington, D C: IEEE Computer Society, 2002:48–54.
- [43] Chang Chen-Chi, Liao Chien-Hsiang. Toward the integrated context-aware library services [EB/OL]. [2012–10–21]. <http://resrarcher.nsc.gov.tw/ct.asp?mp=444&xltem=51297&ctNode=591>.
- [44] James M, Michael C, Brad B, et al. Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity [R]. Stanford: McKinsey Global Institute, 2012.
- [45] Brafman R, Domshlak C. Preference handling - an introductory tutorial [J]. AI Magazine, 2009, 30(1):58–86.
- [46] Zhang Liyi, Liu Qihua. A review for ubiquitous commerce research and application (2000–2009) [J]. International Journal of Mobile Communications, 2011, 9(1):39–56.

Literature Review of Context-aware Application Oriented to Knowledge Mining

Zhang Liyi Yin Cong

School of Information Management, Wuhan University, Wuhan 430072

[Abstract] Context-aware application has been one of the hottest research fields in the field of business intelligence recently. By reviewing the research progress of context-aware application in recent years, this paper proposes a four-layer classification framework. Then it analyzes and compares the concept and theory, context-aware computing and typical application which are related to context-aware application, and summarizes their characteristics and effects in the practical use. Finally, some discussions and suggestions are given on the emphasis and difficulty of application status which need further researches.

[Keywords] context-aware context modeling preference elicitation context-aware application user interface knowledge mining