

典型普适环境下自适应群体导航技术研究^{*}

王柱⁺, 周兴社, 王海鹏, 倪洪波, 武瑞娟

(西北工业大学 计算机学院, 陕西 西安 710072)

Adaptive Group Navigation in Ubiquitous Computing Environments

WANG Zhu⁺, ZHOU Xing-She, WANG Hai-Peng, NI Hong-Bo, WU Rui-Juan

(School of Computer Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

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

Wang Z, Zhou XS, Wang HP, Ni HB, Wu RJ. Adaptive group navigation in ubiquitous computing environments. *Journal of Software*, 2009,20(Suppl.):84-94. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/09011.htm>

Abstract: This paper explores the issue of adaptive group navigation in ubiquitous computing environments. Firstly, it proposes the classification and definition of four different categories of user groups and introduces the notion of group navigation and group experience. Secondly, it analyzes the quantitative evaluation of group experience and establishes a uniform evaluation model that is suitable for all kinds of user groups. Thirdly, it puts forward an adaptive group navigation technique which aims to enhance group experience. Especially, the paper deals in depth with two basic techniques of adaptive group navigation: Group modeling which contributes to the direct group experience and context-aware intra-group interaction which contributes to the indirect group experience. Finally, the paper evaluates the effectiveness of the proposed group navigation technique.

Key words: ubiquitous computing; group experience; group navigation; quantitative evaluation

摘要: 讨论了典型普适环境下的自适应群体导航问题,分析了群体的分类,定义了4种不同类型的群体,引入了群体导航和群体体验的概念,剖析了不同类型群体体验的定量评价,建立了具有统一形式的群体体验定量评价模型。研究了群体建模、上下文感知的群体交互等群体导航支撑技术,提出了以增强群体体验为目的的自适应群体导航技术。在典型普适环境智能博物馆下实现了群体导航原型系统——iGuide,通过对实验数据的定量分析验证了群体导航技术的有效性。

关键词: 普适计算;群体体验;群体导航;定量评价

普适计算以用户为中心,研究的关注点之一是如何为用户提供个性化服务,例如个性化项目推荐、个性化信息呈现等,其目的在于为用户创造更富于吸引力、更具个性化的服务体验。同时,普适环境下的用户往往以群

* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60803044 (国家自然科学基金); the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2006AA01Z198 (国家高技术研究发展计划(863)); the National Research Foundation for the Doctoral Program of Higher Education of China under Grant No.20070699014 (国家教育部博士点基金); the Innovation Fund of Northwestern Polytechnical University of China under Grant No.2006CR13 (西北工业大学科技创新基金); the Graduate Starting Seed Fund of Northwestern Polytechnical University of China under Grant No.Z200858 (西北工业大学研究生创业种子基金)

Received 2008-09-20; Accepted 2009-04-09

体形式出现,以博物馆这一被广泛用于普适计算技术验证的场景为例,调查表明,48.5%的人认为博物馆是一个分享体验的场所^[1],只有5%的人是独自一人参观博物馆,而45%的人会参加旅游团,30%的人和家人一起,20%的人和朋友一起^[2]。因此如何有效增强用户体验特别是群体体验成为普适计算领域的研究热点。与此同时,随着社会的发展,旅游业成为全球经济中发展势头最强劲、规模最大的产业之一,使得向博物馆、名胜古迹、旅游城市等与旅游业紧密相关的普适环境下的用户提供辅助服务,从而增强其游览体验,具有了现实的社会和经济效益。面向旅游产业的群体导航服务的宗旨是通过向群体用户提供自适应辅助服务,在保证群体成员获得良好个体体验的同时追求群体体验的最大化。

本文在分析群体体验概念和群体分类的基础上,建立了群体体验的定量评价模型,在此基础上重点研究了以增强群体体验为目的的群体导航技术,实现了群体导航原型系统 iGuide,并基于所建立的群体体验定量评价模型对 iGuide 的实验数据进行了分析,验证了群体导航技术的有效性。

1 相关研究

研究者在初期主要关注普适环境下的个体导航技术。MyMuseum^[3]项目主要研究基于用户反馈的用户建模和基于动态本体的展品建模,实现自适应的游览路线推荐。PEACH^[4]项目通过交互式“虚拟导游”采集用户在游览过程中的个人信息及交互信息,并根据这些信息为用户提供个性化推荐和信息呈现,使用户能够得到符合其背景、需要和兴趣的信息,进而获得富含教育性和趣味性的体验。CHIP^[5]项目主要关注实现数字文化遗产的个性化浏览,其核心是自适应推荐和个性化呈现,通过用户与系统的交互,不断动态完善用户描述文件,进而提供个性化服务。

当前,越来越多的研究者开始关注普适环境下的群体导航技术。MOMO^[6]项目通过允许用户互相发送消息实现对用户间社会交互的支持,作者特别强调消息机制是实现社会交互的重要方式,基于消息机制用户可以与群体内的其他成员保持实时联系并分享兴趣、想法和体验。PIL^[7,8]项目通过用户建模、位置感知、信息呈现等构件为群体提供上下文感知服务特别是上下文感知通信服务,实现对群体用户的支持,促进群体成员间的社会交互,进而增强用户体验。

在国内,北京大学的TGH^[9]项目重点研究多模态上下文感知交互框架,提高导航系统人机交互的效率和自然性。西北工业大学的iMuseum^[10]项目主要研究动态上下文信息的获取和共享,通过感知环境上下文信息和用户个性化信息,为用户提供自适应个性化导航服务,增强用户体验。山东大学基于计算机虚拟现实和人机交互技术,并借助头盔、数据手套、立体眼镜等多种虚拟现实设备,实现场景浏览、遗址展示等导航服务,使用户体验身临其境的感觉^[11]。

本文重点研究以增强群体体验为目的的群体导航技术,与之前工作的不同之处在于:第一,考虑了群体类型对群体导航系统的影响,引入并定义了4种不同的群体类型;第二,系统地分析了用户体验特别是群体体验的概念,建立了群体体验的定量评价模型,将其作为研究群体导航技术的基础,重点关注如何使得群体导航系统能够增强群体体验。

2 问题描述与分析

2.1 群体导航的概念

群体导航面向普适环境下的群体用户,综合考虑普适环境中的各类群体上下文,通过各种方式为目标群体提供自适应辅助服务,在保证群体成员获得良好个体体验的同时追求群体体验的最大化,也即群体体验是衡量群体导航策略优劣的重要标准。群体上下文主要包括:群体特征上下文和群体情境上下文。群体特征上下文描述群体本身具有的各类信息,例如群体类型、群体偏好等;群体情境上下文描述群体所处环境各类信息,例如空间、时间、社会活动等信息。不同的群体上下文会导致不同的群体导航策略。本文着重研究不同群体类型对群体导航的影响。

2.2 群体的分类

一般而言,不同群体其成员的相互关系是不同的.例如家庭群体成员间关系是不平等的,小孩和老人具有较高的优先级;而朋友群体、旅游团群体成员间关系是平等的,每个成员都具有相同的优先级.同时,不同群体其成员的亲密程度也是不同的.例如家庭、朋友群体成员间关系密切,相互交流频繁;而旅游团群体成员间关系相对疏远,相互交流较少.基于以上考虑,依据群体成员的平等与否,将群体划分为同构群体和异构群体,其中同构群体指成员关系平等同时不同成员具有相同优先级的群体,例如朋友、旅游团等;异构群体指成员关系表现出一定的不平等性同时不同成员具有不同的优先级的群体,例如家庭.依据群体成员关系的亲密程度,将群体划分为紧密耦合群体和松散耦合群体,其中紧密耦合群体指成员关系密切而且相互交流频繁的群体,例如家庭、朋友等;松散耦合群体指成员关系相对疏远而且相互交流较少或几乎没有的群体,例如旅游团.综合以上,将群体划分为4种类型,分别为同构紧密耦合群体、同构松散耦合群体、异构紧密耦合群体、异构松散耦合群体.

正如上文提到的,群体体验是衡量群体导航策略的重要标准,为此本文将首先研究群体体验的定量评价模型,进而研究群体导航技术.

3 群体体验定量评价

关于用户体验的定量评价,Masthoff等人基于交互式电视,针对不同电视节目推荐策略下个体用户满意度的定量评价问题进行了研究^[12].作者一方面描述了模拟和预测个体用户满意度的算法,将用户满意度作为一种情感状态对待,考虑了情感随着时间流逝而产生的衰退和同化效应,即观看早先节目产生的情感会影响用户对后续节目的满意度,另一方面提出了多种算法处理群体内其他成员的满意度对个体用户满意度的影响,具体模拟了情绪的传染和同化并考虑了群体成员的不同关系对此产生的影响.关于用户体验的定性评价,研究者从不同的侧面出发,提出了多个评价架构.Cawthon等人提出了度量用户体验中美学效应的概念模型^[13];Mourouzis等人提出了针对面向用户的交互式产品进行描述和度量的评价架构,特别强调了可达性对用户体验的决定性影响^[14];Mahlke等人研究了情感体验及其和用户体验其它组成部分的联系,提出了一个融合交互特性、品质感受、用户情感反馈以及对系统总体评价的用户体验评价模型^[15].

上述的用户体验评价模型有以下几个共同点:其一,所有模型都关注于个体体验的评价,而没有或很少涉及群体体验的评价;其二,这些模型多数强调用户的主观情感对用户体验的影响,而没有从知识获取与文化享受的角度对用户体验进行评价;其三,多数文献只对用户体验进行定性评价,而没有上升到定量评价的层次.鉴于此,本文从知识获取与文化享受的角度出发,研究群体体验的定量评价问题.

3.1 群体体验的概念

3.1.1 用户体验

针对用户体验,研究者提出了多种不同的定义.Cawthon等人强调用户体验是“一个与交互式系统紧密联系的主题,全面描述了用户与系统的交互关系和结果”^[13];Hassenzahl等人认为用户体验是“用户内心状态、所涉及系统特点和交互情境的综合结果”^[16];而Wikipedia则将用户体验定义为“用户使用一个产品或系统时的总体体验和满意度”^[17].综合上述定义,可以得出用户体验是用户与一个系统、服务或产品发生交互之后的感受,可以看作是一种用户的情感状态.然而,本文所指的用户体验并不强调用户情感上的体验,因为情感是难于定量评价的.我们关注的是用户在知识、文化、审美等方面的体验.例如在博物馆中,用户体验主要指用户在参观展品的过程中获得的文化、历史等方面的知识对用户产生的影响.

3.1.2 群体体验

用户体验分为个体体验和群体体验.个体体验描述单个用户在知识、文化、审美等方面获得的感受.群体体验则不仅包含每个群体成员直接获得的体验,还包括群体成员相互交流时每个成员间接获得的体验,即群体体验是全部群体成员直接和间接获得的体验的总和.显然,不同类型的群体,必然会导致不同的群体体验定量评价模型.下文将在构建个体体验定量评价模型的基础上,针对不同类型群体体验的定量评价分别进行讨论.

3.2 个体体验量化

首先列出本文将要提出的评价模型中涉及的符号及其含义: G :一个群体; u :一个群体成员; i :一个项目; $R(u, i)$:群体成员 u 对项目 i 的评分; $Impact(u, i)$:群体成员 u 对项目 i 的评分的修正值; $A(u)$:群体成员 u 参观过的项目的集合; $A(G)$:群体 G 的任意一个成员参观过的项目的集合; $G(i)$:参观过项目 i 的成员的集合; $E(u, i)$:用户 u 从项目 i 获取的体验; $E(u)$:用户 u 的直接体验; $E(G)$:群体 G 的群体体验。

进行定量评价,首先需要选择量化参数.目前,使用较多的评价参数是用户评分,本文同样将用户评分作为用户体验量化的参数之一,评分范围为 1~10,评分越低表示体验值越低,评分越高表示体验值越高.为了更加精确,对用户评分进行如下格式化修正.

参数标准化:通过标准化消除个体评分时可能存在的普遍偏高或者普遍偏低现象^[18].

$$GroupAverageRating(i) = \sum_{v \in G(i)} R(v, i) / |G(i)|, i \in A(u) \quad (1)$$

$$IndividualAverageRating(u) = \sum_{i \in A(u)} R(u, i) / |A(u)| \quad (2)$$

$$Normalized(R(u, i)) = \frac{R(u, i) \times GroupAverageRating(i)}{IndividualAverageRating(u)}, i \in A(u) \quad (3)$$

其中 $GroupAverageRating(i)$ 表示群体 $G(i)$ 的成员对项目 i 的平均评分, $IndividualAverageRating(u)$ 表示成员 u 的平均评分.

平方离散化:研究表明用户体验与用户评分之间并非线性关系,例如评分 5 和 6 与评分 9 和 10 间的差别是不同的,而对评分进行平方离散化可以提高准确度^[18].

$$Quadratic(R(u, i)) = R(u, i) \times R(u, i) \quad (4)$$

综合以上,由评价计算影响的公式:

$$Impact(u, i) = Quadratic(Normalized(R(u, i))) \quad (5)$$

经过上述的格式化修正,新的评分值虽然更加准确的描述了用户的体验值,但是需要指出的是对于同一项目不同的用户即使给出相同的评分,各自获得的体验也可能是不同的.造成这种不同的因素很多,其中时间是一个重要因素,而且便于定量分析,所以引入时间作为另一个量化评价参数.本文通过如下方式引入时间因素:历史用户对项目 i 的平均关注时间用 $T_0(i)$ 表示,当前用户 u 对此项目的关注时间用 $T(u, i)$ 表示,比值 $T(u, i)T_0(i)$ 即蕴含了用户从该项目获得体验值的大小.

结合用户评分和关注时间,定义个体用户 u 从项目 i 获得的体验值 $E(u, i)$ 如下:

$$E(u, i) = Impact(u, i) \times \frac{T(u, i)}{T_0(i)} \quad (6)$$

基于公式 6,用户 u 的个体体验定义为:

$$E(u) = \sum_{i \in A(u)} E(u, i) = \sum_{i \in A(u)} Impact(u, i) \times \frac{T(u, i)}{T_0(i)} \quad (7)$$

3.3 群体体验量化

如上文所提到的,群体体验不仅包含每个群体成员直接获得的体验,还包括群体成员间相互交流过程中每个成员间接获得的体验,也即群体体验是全部群体成员直接和间接获得的体验的总和.同时群体类型的不同,相应的群体体验量化模型也会表现出不同的形式,下边结合 4 种群体类型,分别进行讨论.

3.3.1 同构紧密耦合群体体验量化

一方面由于群体成员相互平等,成员间具有相同的优先级,所以群体体验中每个成员获得的直接体验对群体体验具有相同的贡献,即具有相同的权重;另一方面由于成员关系密切导致交流频繁,所以会产生丰富的间接体验.此类群体的群体体验定量评价模型定义如公式(8)所示:

$$E(G) = \sum_{u \in G} [E(u) + E(u)] \quad (8)$$

其中 $E(u)' = \theta(u) \times \sum \text{Impact}(u, i)' \times \frac{T(i)'}{T_o(i)}, i \in A(G) \cap i \notin A(u)$.

公式(8)中 $E(u)'$ 表示用户 u 没有直接参观而其他群体成员参观过的项目给用户 u 提供的间接体验, $\theta(u)$ 表示成员 u 在和其他群体成员交流时接受体验的能力, 满足 $0 \leq \theta(u) \leq 1$, $\text{Impact}(u, i)'$ 表示群体中所有参观项目 i 的成员对项目 i 评分的平均值, $T(i)'$ 表示群体中所有参观项目 i 的成员在项目 i 前停留时间的平均值.

3.3.2 同构松散耦合群体体验量化

与同构紧密耦合群体的相同之处是群体成员相互平等, 成员间具有相同的优先级, 所以群体体验中每个成员获得的直接体验对群体体验具有相同的贡献, 即具有相同的权重; 不同之处在于群体成员关系疏远导致成员交流很少甚至几乎没有, 所以间接体验可以忽略. 此类群体的群体体验定量评价模型定义如下:

$$E(G) = \sum_{u \in G} E(u) \quad (9)$$

3.3.3 异构紧密耦合群体体验量化

一方面由于群体成员具有不平等性, 成员间具有不同的优先级, 所以群体体验中每个成员获得的体验对群体体验具有不同的贡献, 即具有不同的权重; 另一方面由于成员关系密切导致交流频繁, 会产生丰富的间接体验. 此类群体的群体体验定量评价模型定义如下:

$$E(G) = \sum_{u \in G} \{\omega(u) \times [E(u) + E(u)']\} \quad (10)$$

系数 $\omega(u)$ 表示了不同群体成员的个体体验对群体体验贡献的大小, 满足 $0 \leq \omega(u) \leq 1$.

3.3.4 异构松散耦合群体体验量化

类似地, 异构松散耦合群体的群体体验定量评价模型定义如下:

$$E(G) = \sum_{u \in G} [\omega(u) \times E(u)] \quad (11)$$

需要指出的是, 对于紧密耦合群体, 虽然其成员关系亲密, 但是群体成员在相互交流时一般不会涉及所有的项目, 而仅仅是那些给他们留下深刻印象的项目, 也就是说一个群体成员实际获得的间接体验少于式(8)和式(10)中的 $E(u)'$, 为此引入一个表示交流程度的系数 ε , ε 是与群体成员的亲密程度相关的, ε 满足 $0 \leq \varepsilon \leq 1$, 通常群体成员关系越亲密则 ε 的值也越大. 同样地, 对于松散耦合群体, 虽然其成员关系疏远, 但是群体成员间的交流也是可能存在的. 基于此, 两类同构群体的群体体验定量评价模型可以统一定义如下:

$$E(G) = \sum_{u \in G} [E(u) + \varepsilon \times E(u)'] = \sum_{u \in G} \left[\sum_{i \in A(u)} \text{Impact}(u, i) \times \frac{T(u, i)}{T_o(i)} + \varepsilon \times \theta(u) \times \sum_{\substack{i \in A(G) \\ i \notin A(u)}} \text{Impact}(u, i)' \times \frac{T(i)'}{T_o(i)} \right] \quad (12)$$

而两类异构群体的群体体验定量评价模型则可以统一定义如下:

$$E(G) = \sum_{u \in G} \{\omega(u) \times [E(u) + \varepsilon \times E(u)']\} = \sum_{u \in G} \left\{ \omega(u) \times \left[\sum_{i \in A(u)} \text{Impact}(u, i) \times \frac{T(u, i)}{T_o(i)} + \varepsilon \times \theta(u) \times \sum_{\substack{i \in A(G) \\ i \notin A(u)}} \text{Impact}(u, i)' \times \frac{T(i)'}{T_o(i)} \right] \right\} \quad (13)$$

综合式(8)~式(13), 可以发现不同类型的群体其群体体验定量评价模型在形式上具有很大的相似性, 对于两类异构群体的群体体验定量评价模型, 如果模型中的系数 $\omega(u)$ 取为 1, 则退化为相应类型的同构群体的群体体验定量评价模型. 因此, 四类群体的群体体验定量评价模型可以统一由式(13)表示.

式(13)给定的群体体验定量评价模型含有 3 个未知参数, 分别是群体成员 u 接受间接体验的能力 $\theta(u)$ 、群体成员 u 的个体体验对群体体验的贡献系数 $\omega(u)$ 以及群体交流程度系数 ε . 其中 $\theta(u)$ 与每个用户的知识背景、理解能力相关, 同时还与交流内容、群体其他成员表达能力等相关, 可以通过引入用户 profile 来记录用户在不同情境下的接受能力, 并与当前情境进行对比、匹配, 求得用户当前的 $\theta(u)$. $\omega(u)$ 主要与群体成员的优先级相关, 高优先级成员一般具有较高的 $\omega(u)$, 可以通过分析群体 profile 得到每个成员的 $\omega(u)$. ε 与群体类型相关, 可以针

对特定类型的群体,通过进行大量实验获得 ϵ 的经验值.关于此方面的研究是本文的后续工作之一.

4 群体导航技术

普适环境下,导航受到用户特征、用户情境等各类上下文的约束.个体导航技术是研究群体导航技术的基础,文献[3-5,10]中对个体导航技术进行了深入研究.相比个体导航,群体导航的约束条件更加复杂,需要保证群体成员获得良好个体体验的同时追求群体体验的最大化.基于群体建模技术可以聚合得到群体偏好等群体特征上下文信息,为群体推荐提供支撑,从而增强群体的直接体验;通过群体交互技术可以支持并激励群体成员的交互,从而增强群体的间接体验.为此将首先讨论群体导航的两项支撑技术:群体建模技术和上下文感知的群体交互技术.

4.1 群体建模技术

准确的群体偏好信息是提供自适应群体服务的基础,为此本节主要研究群体建模中的群体偏好模型.群体偏好模型关注如何通过聚合群体成员的个体偏好获得群体偏好.首先给出几个符号的含义: IP 表示个体偏好, GP 表示群体偏好, p 表示一个偏好关键词, w 表示一个偏好权重.采用加权关键词向量构建个体偏好模型,即通过二元组 (p,w) 表示一个偏好,从而个体偏好可以通过二元组集合表示为

$$IP = \{(p_1, w_1), (p_2, w_2), \dots, (p_n, w_n)\} \quad (14)$$

公式(14)中 $p_1 \sim p_n$ 代表 n 个偏好关键词, w_1 到 w_n 代表相应偏好关键词的权重.特定的普适环境下,一般将 p_1 到 p_n 的取值和顺序固定,从而得到简化的个体偏好模型:

$$IP = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (15)$$

基于个体偏好模型,在两个层面上构建群体偏好模型.第1层面表示聚合前群体偏好,用向量集合表示为

$$GP_a = \{(w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1n}), (w_{21}, w_{22}, \dots, w_{2n}), \dots, (w_{n1}, w_{n2}, \dots, w_{nn})\} \quad (16)$$

第二层面表示聚合后的群体偏好,用偏好关键词向量表示为

$$GP_p = (P_1, P_2, \dots, P_k) \quad (17)$$

公式(17)中 P_1 到 P_k 表示 k 个群体偏好,即群体成员一定程度上可接受的偏好关键词. P_k 从公式(14)中的 p_1 到 p_n 中取值,不同之处在于公式(14)中 p_1 到 p_n 的取值和顺序固定,而公式(17)中 $P_1 \sim P_k$ 的顺序并不固定,而是由群体导航策略决定, $P_1 \sim P_k$ 的顺序会影响群体体验.群体偏好聚合机制已经在文献[19]中进行了讨论,此处不再赘述.

4.2 上下文感知的群体交互技术

所谓上下文感知的群体交互技术是指通过实时感知动态变化的群体特征上下文信息和群体情境上下文信息,为群体成员提供自适应的交互支持.

普适环境下,一般通过消息机制实现群体交互.为了实现上下文感知的交互,引入两种类型的消息机制:即时消息(immediate message)和条件消息(conditional message).两类消息机制的区别在于发送条件和消息内容,即消息的发送是否受限于相关的上下文以及消息的内容是否与上下文相关.两类消息机制各具特点,适合不同的交互需求,共同为实现上下文感知的交互提供支持,下边通过两个场景对此进行论述.

场景 1:博物馆内,群体成员 A 看到一个很精美的古代花瓶 J,希望群体成员 B 立刻过来同他一起欣赏.

场景 2:博物馆内,群体成员 A 看到一个很精美的古代花瓶 J,于是写了一段文字进行评论, A 希望其他群体成员一旦来到该花瓶前就能看到自己的评论,但并不邀请其他群体成员立刻过来参观.

场景 1 下 A 希望通过最简洁的操作向 B 发出即时邀请,该操作可能只点击某一个按钮,而上下文感知的群体交互技术需要提供的支持是:1) 获取 A 和 B 当前的位置信息,为 B 到达 A 所在位置提供路线导航支持;2) 获取 J 的信息并将其封装到消息体内,供 B 预览以决定是否接受邀请;3) 获取 B 的参观历史,如果 B 没有参观过 J 则发送消息,否则提示 A 消息发送失败,原因是 B 已经参观过 J.上下文感知的即时消息机制正好符合此类需求.

场景 2 下 A 希望自己的评论被系统记录并在一定条件下呈现给其他群体成员,为此需要上下文感知的群体交互技术提供的支持是:1) 记录 A 所属的群体以及 A 对 J 的评论;2) 实时检测前来参观 J 的每个用户,如果一

个用户和 A 属于同一群体,则将 A 的评论呈现给该用户.上下文感知的条件消息机制正好符合此类需求.

上下文感知的群体交互技术不仅能够大大简化群体成员间进行交互所需要的操作,同时可以实现交互过程的自适应,有效地支持并激励了群体交互,增强了群体体验.

4.3 群体导航技术

正如前面提到的,本文主要关注群体类型不同对群体导航的影响.不同类型的群体,其成员在相互关系和亲密程度上具有明显差异,而这些差异会导致导航策略的不同.

对于同构群体,由于群体成员相互平等,具有相同的优先级,所以导航系统需要同等对待每个群体成员,这种情况下导航策略的核心是满足群体成员平等性的基础上实现群体体验的最大化,其具体表现为:聚合群体偏好时,每个成员的个体偏好具有相同的权重.例如,对于朋友这一同构类型群体,只有保证导航策略的平等性,每个成员才能获得基本相同的直接体验,从而在相同的基础上进行交流讨论,进一步增强群体的间接体验.

对于异构群体,由于群体成员相互不平等,不同成员具有不同的优先级,所以导航系统需要区别对待不同群体成员,这种情况下导航策略的核心是优先增强高优先级成员的体验,其具体表现为:聚合群体偏好时,每个成员的个体偏好具有不同的权重.例如,对于家庭这一异构类型群体,小孩和老人一般具有较高的优先级,某种程度上甚至可以认为成人的权重为零,因为小孩或老人获得最大的体验正是成人所追求的,所以需要赋予小孩和老人较之成人压倒性的优先级.

对于紧密耦合群体,由于群体成员关系密切,乐于进行交流讨论,因此导航系统需要突出地支持并激励群体成员间的交互,从而有效提高群体的间接体验,这种情况下导航策略的核心是为群体成员提供自然高效的交互机制,正如在上下文感知的群体交互技术一节所进行的论述.例如,对于朋友这一紧密耦合群体,有效的交互不仅可以增强群体的体验,而且能够增进朋友间的感情.

对于松散耦合群体,群体成员关系疏远,交流讨论的程度很低,间接体验几乎可以忽略,因此导航系统需要着重关注如何提升群体成员的直接体验,这种情况下导航策略的核心是实现每个群体成员直接体验的最大化.例如,对于旅游团这一松散耦合群体,其成员并不关心其他成员的体验如何而只关心自己是否获得了最佳的体验.

上面基于群体建模技术和上下文感知的群体交互技术,着重讨论了不同的群体类型对于群体导航系统的影响.诚然群体导航系统还受到很多其它因素的影响,本文不再一一论述.

5 群体导航原型系统 iGuide

智能博物馆原型系统 iMuseum^[10] 是用于验证普适计算领域关键技术的平台.为了验证本文提出的群体导航技术,基于 iMuseum 实现了群体导航原型系统 iGuide,并基于 iGuide 进行如下实验.

5.1 实验设计

实验邀请 40 位志愿者参加,依次记为 $U_1 \sim U_{40}$,被分为 8 个群体,每个群体 5 个人.将 8 个群体分为 M, N 两个组,其中 M 组的 4 个群体的成员是同学, N 组的 4 个群体的成员是陌生人, 8 个群体依次记为 $G_{M11}, G_{M12}, G_{M21}, G_{M22}, G_{N11}, G_{N12}, G_{N21}, G_{N22}$. 实验在一个虚拟成博物馆展厅的实验室进行,“展厅”内预先布置了 10 件“展品”,每个群体分别到“展厅”内参观 10 分钟,其中 $G_{M11}, G_{M12}, G_{N11}, G_{N12}$ 4 个群体使用的便携式导航设备不支持群体导航, $G_{M21}, G_{M22}, G_{N21}, G_{N22}$ 4 个群体使用的便携式导航设备支持群体导航. 10 件“展品”的历史平均评分和历史平均关注时间见表 1.

Table 1 Historical rating and attention duration of 10 exhibits

表 1 10 件展品的历史平均评分和历史平均关注时间

展品	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
历史平均评分	8	7	7	4	7	9	6	5	6	8
历史平均关注时间(s)	55	49	40	25	45	62	38	32	35	58

5.2 实验结果及分析

参加实验的志愿者被要求对参观的每个“展品”给出从 1~10 的评分,分值越高表示用户越欣赏该“展品”.表 2

所示为8个群体参观“展厅”后的实验结果,其中用户评分通过感知用户拖动导航设备上的滚动条实现记录,用户关注时间通过感知用户到达和离开某个“展品”的时间间隔实现记录。

表2中的记录分为3类,格式分别是:用户评分/用户关注时间、用户/和空白.举例说明如下:9/59表示用户直接参观了该“展品”,给出的评分为9,关注时间为59; $U_{11}/$ 表示用户没有直接参观该展品,而是通过群体导航系统从群体成员 U_{11} 发送的交互信息间接地了解了该“展品”;空白表示用户既没有直接参观该“展品”,也没有通过群体其他成员间接了解该“展品”。

Table 2 Experimental data
表 2 实验数据

展品		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
G_{M11}	U_1	9/59	6/50		6/30		8/55		7/42	8/39	
	U_2		8/55		2/10	7/48		8/44	4/34	5/28	8/55
	U_3	6/39	10/62	7/43			6/45		5/28		7/49
	U_4	8/55		8/49		8/50	9/66	4/28		7/35	8/68
	U_5		7/48	7/35	5/26	6/44		6/33	3/20		10/72
G_{M12}	U_6		8/55	5/28	2/12		10/75	8/47	3/22		6/51
	U_7	9/58	5/32		5/35	6/39		5/38		5/29	10/72
	U_8		9/60	8/45			9/59		5/33		8/54
	U_9	8/62		6/31	7/40		8/66	4/27	8/49	7/38	
	U_{10}	7/49		8/48		8/50		8/35	4/37		7/59
G_{M21}	U_{11}	10/58	9/51	7/35		6/38	$U_{13}/$		6/39	$U_{12}/$	9/62
	U_{12}	$U_{11}/$		9/48	4/22	7/45	$U_{13}/$	9/52		10/55	8/54
	U_{13}	8/47		$U_{12}/$	3/18	8/52	10/65	5/37	4/31	$U_{12}/$	
	U_{14}	$U_{11}/$	6/38	$U_{12}/$	5/27	7/40	9/58		3/27	5/28	8/55
	U_{15}	6/34	7/42	8/43			8/55	5/34	5/33	6/34	
G_{M22}	U_{16}	8/50	7/44		4/28	7/38		7/44	4/21	5/28	$U_{17}/$
	U_{17}	6/38	$U_{19}/$			9/50	9/66	7/51		7/42	10/62
	U_{18}	10/77	$U_{19}/$	9/49	5/29	5/31			6/33		9/68
	U_{19}	$U_{18}/$	10/67	6/33		8/44	7/48		6/29	4/20	7/44
	U_{20}	$U_{18}/$	8/50	6/38	5/37	8/47		8/55		6/35	$U_{17}/$
G_{N11}	U_{21}	5/31			3/18		9/74	5/26	3/25		6/48
	U_{22}		9/62	8/42		9/62	8/60	6/41		8/44	
	U_{23}	7/46		9/54	5/32	6/35			6/43	6/33	8/56
	U_{24}	10/67	5/32				7/54	4/21		5/29	9/70
	U_{25}		7/46	7/43	4/28	7/38		8/52	5/33		7/52
G_{N12}	U_{26}	8/58	8/56		6/31	7/51		6/35		7/38	9/63
	U_{27}	7/51	6/45			8/48	9/62	7/42	7/45		
	U_{28}	9/60		5/36	2/12		8/52		3/23		10/79
	U_{29}		9/57	8/44		9/55	10/68	6/36		6/35	
	U_{30}	7/44		6/38	3/16		9/57		5/35	4/26	8/50
G_{N21}	U_{31}	7/49	7/43	7/42	3/19		9/65	5/28		6/46	
	U_{32}			5/28	2/14	7/46	$U_{33}/$	4/22	4/30		7/43
	U_{33}		9/55	9/64	7/42		10/72		7/52	8/52	10/77
	U_{34}	9/64		8/55	6/35	6/34	9/66			5/36	7/52
	U_{35}	8/57	6/40			7/48	$U_{33}/$	6/39	5/38	5/32	
G_{N22}	U_{36}	7/51	8/47	8/51			8/48	7/41	5/28		$U_{40}/$
	U_{37}	9/64			8/40	9/54		6/33	7/42	8/44	9/61
	U_{38}	8/61		7/42	2/15		9/69		6/35	6/39	8/58
	U_{39}		8/45			7/42	9/58	5/31	4/24	5/34	$U_{40}/$
	U_{40}		6/38	5/27	4/24	8/47		6/43			10/64

实验中涉及的8个群体都属于同构群体,使用公式12可计算得到群体体验,见表3。

为了便于数据分析,将表3中所有 $\theta(u)$ 的值(群体成员 u 接受间接体验的能力)取为相同,并依次取0.1,0.3,0.5,0.7进行比较.分析实验数据可以得出如下结论:

(1) M组4个群体的群体直接体验均值为1984,N组4个群体的群体直接体验均值为1959,两个均值的标准偏差为12.5,相对标准偏差为0.6%,说明群体类型的不同(同构紧密耦合群体和同构松散耦合群体)不会对群体直接体验产生显著影响。

(2) M组中使用不支持群体导航设备的2个群体与使用支持群体导航设备的2个群体的群体直接体验均值分别为1968和2001,两个均值的标准偏差为16.5,相对标准偏差为0.8%;N组中使用不支持群体导航设备的2个群体与使用支持群体导航设备的2个群体的群体直接体验均值分别为1929和1989,两个均值的标准偏差为30.0,相对标准偏差为1.5%,说明使用的导航设备是否支持群体导航不会对群体直接体验产生显著影响。

(3) 当 $\theta(u)$ 依次取为0.1,0.3,0.5,0.7时,M组中使用不支持群体导航设备的2个群体与使用支持群体导航设备的2个群体的群体体验均值依次分别为1968和2106,1968和2314,1968和2522,1968和2716,两个均值的标准偏差依次为69.0,173.0,277.0,374.0,相对标准偏差依次为3.4%,8.1%,12.3%,16.0%,说明使用的导航设备是否支持群体导航会对同构紧密耦合群体的群体体验产生影响,而且 $\theta(u)$ 的值越大影响越显著。

(4) 当 $\theta(u)$ 依次取为0.1,0.3,0.5,0.7时,N组中使用不支持群体导航设备的2个群体与使用支持群体导航设备的2个群体的群体体验均值依次分别为1929和2024,1929和2094,1929和2164,1929和2234,两个均值的标准偏差依次为37.5,82.5,117.5,152.5,相对标准偏差依次为1.9%,4.1%,5.7%,7.3%,说明使用的导航设备是否支持群体导航会对同构松散耦合群体的群体体验产生影响,而且 $\theta(u)$ 的值越大影响越显著。

(5) 比较上述(3)、(4)中的数据,可以发现导航设备是否支持群体导航对紧密耦合群体的群体体验的影响与对松散耦合群体的群体体验的影响相比更为显著。

Table 3 Group user experience of the experiment

表3 实验涉及的8个群体的量化群体体验

群体	G_{M11}	G_{M12}	G_{M21}	G_{M22}	G_{N11}	G_{N12}	G_{N21}	G_{N22}
群体直接体验	1947	1988	1994	2008	1821	2036	1976	2002
群体间接体验			SUM ($\theta_{M21}(a) \times 337,$ $\theta_{M21}(b) \times 322,$ $\theta_{M21}(c) \times 226,$ $\theta_{M21}(d) \times 211$)	SUM ($\theta_{M22}(a) \times 125,$ $\theta_{M22}(b) \times 202,$ $\theta_{M22}(c) \times 202,$ $\theta_{M22}(d) \times 167,$ $\theta_{M22}(e) \times 292$)			SUM ($\theta_{N21}(b) \times 138,$ $\theta_{N21}(e) \times 138$)	SUM ($\theta_{N22}(a) \times 212,$ $\theta_{N22}(d) \times 212$)
群体体验(0.1)	1947	1988	2104	2107	1821	2036	2004	2044
群体体验(0.3)	1947	1988	2323	2304	1821	2036	2059	2129
群体体验(0.5)	1947	1988	2542	2502	1821	2036	2114	2214
群体体验(0.7)	1947	1988	2761	2670	1821	2036	2169	2299

通过对实验数据的分析,一方面验证了群体体验量化模型,另一方面验证了群体导航系统.但是上述还只是一个初步的实验,只涉及了本文提出的四中群体类型中的两种,更系统的实验及分析将是下一步的工作。

6 结束语

本文关注于普适环境下的自适应群体导航技术,特别是不同群体类型对于群体导航技术的影响.本文的主要贡献是针对不同类型群体,建立了一个具有统一形式的群体体验定量评价模型;基于群体建模技术和上下文感知的群体交互技术,提出了以增强群体体验为目的的自适应群体导航技术;最后,实现了群体导航原型系统iGuide并通过对实验数据进行定量分析验证了所提出的群体导航技术的有效性。

目前实验只涉及同构群体,更完善的实验及分析将是下一步的工作之一.此外,本文所提出的评价模型主要针对群体类型,对于群体的其它特征(例如群体成员的动态变化)对群体体验评价模型的影响没有深入研究,这

将是本文另外一项后续工作.

References:

- [1] Boehner K, Thom-Santelli J, Zoss A, Gay G, Hall JS, Barrett T. Imprints of place: Creative expressions of the museum experience. In: Veer G, Gale C, eds. Proc. of the SIGCHI 2005 Conf. on Human factors in Computing Systems. New York: ACM Press, 2005. 1220–1223.
- [2] Petrelli D, De-Angeli A, Convertino G. A user centered approach to user modelling. In: Kay J, ed. Proc. of the 7th Int'l Conf. on User Modeling. Heidelberg: Springer-Verlag, 1999. 255–264.
- [3] Adrian B, Judy K, Daren L, Kelvin N, William N, Alfonse N. Adaptively recommending museum tours. In: Nick R, Tullio SC, Giuseppe R, eds. Proc. of Workshop on Smart Environments and Their Applications to Cultural Heritage of the 7th Int'l Conf. on Ubiquitous Computing. New York: ACM Press, 2005. 29–32.
- [4] Stock O, Zancanaro M, Busetta P, Callaway C, Kruger A, Kruppa M, Kuflik T, Not E, Rocchi C. Adaptive, intelligent presentation of information for the museum visitor in PEACH. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2007,17(3):257–304.
- [5] Aroyo L, Stash N, Wang YW, Gorgels P, Rutledge L. CHIP demonstrator: semantics-driven recommendations and museum tour generation. In: Aberer K, Choi KS, Noy NF, Allemang D, Lee KI, Nixon L, Golbeck J, Mika P, Maynard D, Mizoguchi R, Schreiber G, Philippe CM, eds. Proc. of the 6th Int'l Conf. on Semantic Web. Berlin: Springer-Verlag, 2007. 879–886.
- [6] Jaën J, Bosch CV, Esteve JM, Mocholà JA. MoMo: A hybrid museum infrastructure. In: Trant J, Bearman D, eds. Proc. of the Int'l Conf. on Museums and the Web. Toronto: Archives & Museum Informatics, 2005. 245–251.
- [7] Kuflik T, Sheidin J, Jbara S, Goren-Bar D, Soffer P, Stock O, Zancanaro M. Supporting small groups in the museum by context-aware communication services. In: Angel P, Tessa L, eds. Proc. of the 12th Int'l Conf. on Intelligent User Interfaces. New York: ACM Press, 2007. 305–308.
- [8] Jbara S, Kuflik T, Soffer P, Stock O. Context aware communication services in “Active Museums”. In: Kawada S, ed. Proc. of the IEEE Int'l Conf. on Software – Science, Technology and Engineering. Washington: IEEE Computer Society, 2007. 127–135.
- [9] Yue WN, Dong SH, Wang Y, Wang GP, Wang H, Chen WG. Study on human computer interaction framework of pervasive computing. *Chinese Journal of Computers*, 2004,27(12):1657–1664 (in Chinese with English abstract).
- [10] Yu ZY, Zhou XS, Yu ZW, Park JH, Ma JH. iMuseum: A scalable context-aware intelligent museum system. *Computer Communications*, 2008,31(18): 4376–4382.
- [11] Wang YF, Yang CL, Liu SJ, Wang R, Meng XX. A RFID & handheld device-based museum guide system. In: Proc. of the 2nd Int'l Conf. on Pervasive Computing and Applications. Washington: IEEE Computer Society, 2007. 308–313.
- [12] Masthoff J, Gatt A. In pursuit of satisfaction and the prevention of embarrassment: Affective state in group recommender systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2006,16(3-4):281–319.
- [13] Cawthon N, Moerem AV. A conceptual model for evaluating aesthetic effect within the user experience of information visualization. In: Banissi E, Burkhard RA, Ursyn A, Zhang JJ, Bannatyne MM, Maple C, Cowell AJ, Tian GY, Hou M, eds. Proc. of the 10th Int'l Conf. on Information Visualization. Washington: IEEE Computer Society, 2006. 374–382.
- [14] Mourouzis A, Antona M, Boutsakis E, Stephanidis C. A user-orientation evaluation framework: assessing accessibility throughout the user experience lifecycle. In: Miesenberger K, Klaus J, Zagler W, Karshmer A, eds. Proc. of the 10th Int'l Conf. on Computers Helping people with Special Needs. Berlin: Springer-Verlag, 2006. 421–428.
- [15] Mahlke S, Thüring M. Studying antecedents of emotional experiences in interactive contexts. In: Begole B, Payne S, Churchill E, Amant RS, Gilmore D, Rosson MB, eds. Proc. of the SIGCHI Conf. on Human factors in computing systems. New York: ACM Press, 2007. 915–918.
- [16] Hassenzahl M, Tractinsky N. User experience: A research agenda. *behaviour and information technology*, 2006,25(2):91–97.
- [17] <http://www.wikipedia.org/>
- [18] Masthoff J. Group modeling: Selecting a sequence of television items to suit a group of viewers. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2004,14(1):37–85.
- [19] Wu RJ, Zhou XS, Wang HP, Wang Z. Research on group modeling in the pervasive environment. *Computer Science*, 2009,36(5):225–228 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献:

- [9] 岳玮宁,董士海,王悦,汪国平,王衡,陈文广.普适计算的人机交互框架研究.计算机学报,2004,27(12):1657-1664.
[19] 武瑞娟,周兴社,王海鹏,王柱.普适环境下的群体用户建模机制研究.计算机科学,2009,36(5):225-228.



王柱(1983-),男,河北阳原人,博士生,主要研究领域为普适计算,个性化服务.



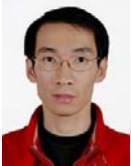
倪红波(1975-),男,博士,讲师,主要研究领域为普适计算,情境感知计算;



周兴社(1955-),男,教授,博士生导师,主要研究领域为嵌入式计算,分布式计算,普适计算.



武瑞娟(1984-),女,硕士生,主要研究领域为用户建模,普适计算.



王海鹏(1975-),男,博士,讲师,主要研究领域为普适计算,资源管理.

www.jos.org.cn