

收稿日期: 2020-03-13

作者简介: 程建萍 (1993—), 女, 山东省泰安人, 大连海事大学信息科学技术学院研究生, 主要研究领域为产品用户体验与人机交互; 刘正捷 (1958—), 男, 辽宁省大连人, 大连海事大学信息科学技术学院教授, CCF 高级会员, 主要研究领域为产品用户体验与人机交互; 金小桐 (1995—), 女, 山东省青岛人, 大连海事大学信息科学技术学院研究生, 主要研究领域为产品用户体验与人机交互。

基于 CAUX 工具的用户日常频繁行为方法研究

程建萍¹, 刘正捷², 金小桐³

(大连海事大学 信息科学技术学院, 辽宁省大连市, 116026)

摘要: 随着智能手机的不断普及, 移动用户体验变得越来越重要, 而移动用户体验与移动用户行为密切相关。为了有效的对移动用户行为进行用户研究, 采用了基于运动状态感知的 CAUX 工具方法, 该方法首先在 CAUX 工具的基础上, 实现了实时获取用户运动状态的能力, 实验验证了各运动状态的感知准确率均达到 90% 以上。其次对数据分析阶段进行了可视化需求的提取及实现, 最后通过用户研究人员对原始数据的标注分析, 得到用户日常频繁行为模式。该方法解决了传统用户研究方法数据与情境信息耦合度低、主观性强、真实性弱等问题。

关键词: 移动用户行为; 运动状态感知; 用户体验; 可视化



开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):

DOI:

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号:

Research Method of user's Daily Frequent Behavior based on CAUX

CHENG Jianping¹, LIU Zhengjie², JIN Xiaotong³

(College of Information Science and Technology, Dalian Maritime University, Dalian, 116026)

Abstract: With the continuous popularity of smart phones, mobile user experience becomes more and more important, and mobile user experience is closely related to mobile user behavior. In order to effectively study the behavior of mobile users, the Caux tool method based on motion awareness is adopted. Firstly, based on the CAUX tool, the method realizes the ability of real-time acquiring the user's motion state, and the experiment verifies that the perception accuracy of each motion state is more than 90%. Secondly, we extract and implement the visualization requirements in the data analysis stage. Finally, we get the user's daily frequent behavior mode through the annotation analysis of the original data by the user researchers. This method solves the problems of low accuracy, strong subjectivity and weak authenticity of traditional user research methods.

Key words: mobile user behavior; motion awareness; user experience; visualization

0 引言

随着移动设备的不断发展,产品使用无处不在,移动端产品的用户体验也变得越来越重要,这就要求用户体验研究必须与情境紧密关联^[1]。由于使用背景(用户、任务、环境)的不同,使得用户的行为模式也多种多样^[2]。用户运动状态作为一种行为情境,可帮助用户研究人员了解行为与产品使用之间的联系,从而更有效的支持移动端产品的用户体验研究工作。

周力^[3]等人进行了基于人的活动行为的产品用户研究方法研究,通过观察用户在真实环境中的活动,分析用户在模拟场景中的行为。马莲莲^[4]进行了产品设计与老年用户行为的关联性研究,采用问卷调查和用户行为环境跟踪法,建立人物角色,提出针对性的产品设计原则。该类研究均使用了传统用户研究方法,存在主观性强、实验场景单一等问题。Koji^[5]等人通过人为模拟运动场景的方式,对不同运动状态下移动设备文本输入方式进行了评估。Joanna^[6]等人试图了解用户行走与与移动设备操作之间的关系,即通过跑步机模拟用户行走来研究对触屏操作的影响。该类研究对运动状态的界定多使用固定器械(如跑步机)或人为干涉运动状态变化,对用户真实使用场景的还原性较差。

以上研究都没有打破场景的限制、对数据和行为情境的耦合度低。本文通过基于运动状态感知的 CAUX 工具,实时获取用户运动状态数据,支持用户研究人员对移动端产品用户日常频繁行为模式进行分析,对现有工具进行了能力的拓展,弥补现有研究主观性强、场景还原性差等不足。

1 概述

1.1 行为模式研究

在人机交互领域,强调以用户为中心的产品设计理念^[7]。现有的移动产品行为模式研究,大多聚焦在移动端产品本身的使用行为上^[8],忽略了用户自身行为模式在产品用户体验中的重要性。传统用户研究方法通过访谈、问卷等形式,推测用户的行为模式,建立使用场景^[9],该方法主观性强且在人力、物力方面耗时较高。

1.2 CAUX 工具

随着智能手机的不断发展和迅速普及,人们越来越依赖于移动端产品的使用,这为用户研究人员利用移动设备进行更接近用户真实使用场景的用户研究提供了可能,同时也提供了新的思路。如 W3Touch^[10]是利用智能手机采集用户在手机端的交互行为,通过对这些行为的分析发现可能存在的用户体验问题。Böhmer^[11]等人开发了一个基于 Android 平台的系统,即根据平台上的用户使用行为提供上下文感知服务。

CAUX 工具是基于情境感知的用户体验研究工具,该工具通过移动设备获取用户的客观数据。客户端安装在用户的移动设备上,工具处于运行状态时,后台会收集用户数据,并将数据上传至服务器,用户研究人员可登录服务器端查看用户上传的数据^[12]。现有的 CAUX 工具可在对用户干扰不大的方式下采集相关用户数据,但仍处于初级阶段,只提供原始的传感器数据,无法获知用户在使用移动设备时的运动状态即行为信息,因此需要提升 CAUX 工具在数据采集方面的能力,建立数据和行为信息之间的耦合关系,更好的进行用户体验研究。

1.3 研究概述

为了更有效的帮助用户研究人员进行用户行为分析,确定了基于 CAUX 工具的用户日常频繁行为的用户研究方法,首先实现了 CAUX 工具运动状态感知功能,其次选取在校大学生

进行用户日常频繁行为模式的研究，从而建立方法。

2 对 CAUX 工具功能进行扩充

CAUX 初级版本能够收集与用户运动状态有关的速度数据^[13]，但单纯依靠用户的速度数据不足以准确判断用户的运动状态，因此本阶段主要针对 CAUX 工具进行用户运动状态识别能力的探索，并在此基础上对工具能力进行扩展。

2.1 用户运动状态感别能力的实现

智能手机仅通过使用内置传感器就可以持续识别室内外活动^[14]，但使用多个传感器会对智能手机等功率受限设备的能耗产生不利影响^[15]。哈尔滨工业大学的张鑫^[16]等人通过分析智能手机传感器采集到的三轴加速度数据，使用 SVM 多分类方法，来识别用户的运动状态。文献调研结果得出，可基于 CAUX 工具采集手机传感器的三轴加速度数据，取其 x 、 y 、 z 轴的数据，运用统计学算法求平均值、标准差等特征，获取特征数据进行运动状态检测。

加速度传感器相对于手机移动设备屏幕的坐标系如图 1 所示，且当手机移动设备屏幕的方向发生变化时，坐标轴不变。 x 轴水平向右， y 轴垂直向上， z 轴垂直于手机屏幕向外^[17-18]。加速度传感器采集的数据，经过一定处理，可以达到检测人体活动的目的^[19]。

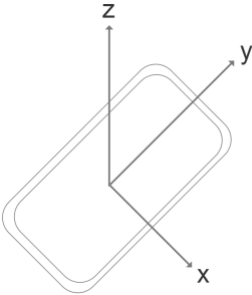


图 1 手机坐标系

通过对三维加速度数据的收集，得到 x 、 y 、 z 轴的加速度随时间变化的表格。根据三维加速度的平方和随时间的变化规律分析可得步行数据中方差为 3.7，波峰取值为 16—25，波峰波谷时间间隔为 0.25 秒，跑步数据中方差为 11.3，波峰取值为 30—55，波峰波谷时间间隔为 0.25 秒。

对 CAUX 工具代码进行修改。首先通过移动设备内置的加速度传感器采集三维加速度数据，并对每一组三维加速度进行预处理，存入链表 dx ，链表元素达到 180 组时执行判断语句，对符合判断语句的传感器数值根据波峰、波谷、时间差以及阈值的条件，判定是否为某运动状态，判断过程写入 `SensorInfo` 类中，具体执行过程如图 2 所示。

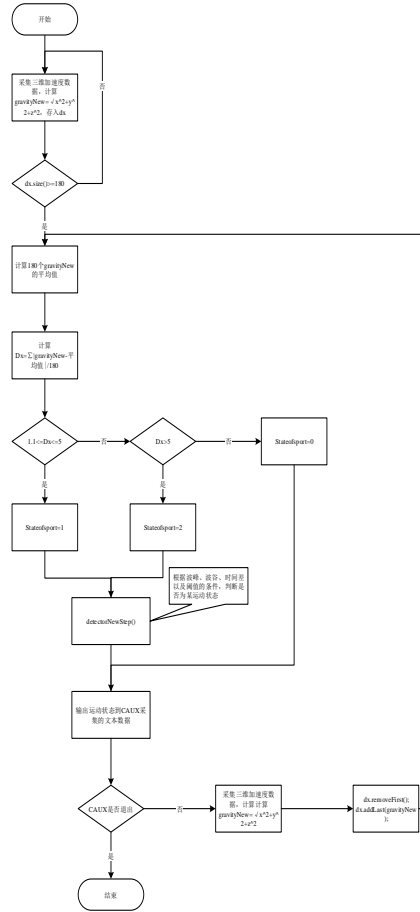


图2 判断流程

将运动状态感知结果以“时间，运动状态，x 轴加速度，y 轴加速度，z 轴加速度”的格式写入系统存储器。

2.2 用户运动状态感知能力的识别准确率

为了确定运动状态感知能力的识别准确率，本文招募 12 名用户进行数据收集，其男女比例为 1:2，手机型号涉及 4 种，均安装 CAUX 工具并保持工具 24 h 处于运行状态。其中，CAUX 工具一秒内采集三维加速度 30 组，实时判断并记录。

整个数据收集周期为 9 天，在此周期内，用户分别记录各运动状态的时间段，即从某一时刻开始到某一时刻结束为某运动状态。共收集 1658h 的有效数据，总采集数据量平均值：138h/人。

对有效数据进行准确率的计算，计算公式如式(1)：

$$P = (N_{CAUX\text{感知}} / N_{\text{用户记录}}) * 100\% \quad (1)$$

其中， $N_{CAUX\text{感知}}$ 表示 CAUX 工具感知为某运动状态的数据量， $N_{\text{用户记录}}$ 表示用户记录为某运动状态时间段内的数据量。

计算可得，步行识别准确率平均值为 93.23%，上下偏差不超过 5%；跑步识别准确率平均值为 91%，上下偏差不超过 2%；静止识别准确率平均值为 98.23%，上下偏差不超过 3%。基本满足对移动设备用户行为研究的要求。

2.3 工具内置问卷法

CAUX 工具采集的客观数据在推断用户行为、动机、意图等方面仍存在不足。本文作者通过工具内置问卷法的方式，进一步完善数据采集工作，即当用户使用手机应用时，利用悬

浮窗的形式询问用户使用手机应用的原因，挖掘用户行为及使用动机。原始数据采集如图 3 所示。

[默认采集场景(App 状态), 2019-04-08 21:30:04, 后台打开, 微信, 步行, 1009]
[条件触发场景(微信 front), 2019-04-08 21:30:04, 49, 辽宁省大连市甘井子区凌海路, 步行, MOBILE, 插入, 竖屏, 1009]
*用户当前行为: 2019-04-08 21:30:07, 微信, 阅读公众号文章&

图 3 数据格式

3 方法建立及应用

3.1 数据采集及数据可视化

3.1.1 数据采集

CAUX 工具分为客户端和服务端，总体框架如图 4 所示。客户端分为指令解析、数据采集和通信三个模块，CAUX 工具利用指令解析模块读取、解析指令集文件，与数据采集模块相配合，采集用户在使用手机设备过程中的主观和客观数据，再将采集的用户数据上传到服务器的通信模块。

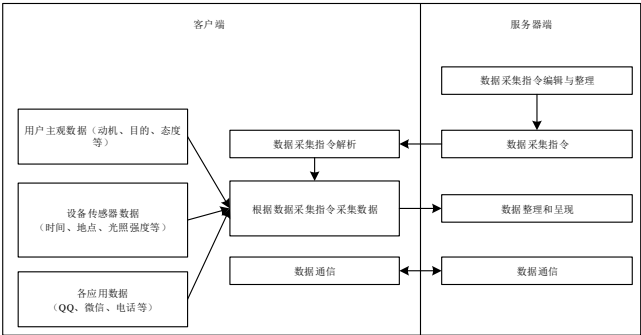


图 4 CAUX 工具总体框架

数据采集指令集文件是采集工作的重要环节，用户研究人员可根据感兴趣的情境修改指令集文件，指令集文件在语义上为“IF 满足感兴趣情境的条件，THEN 执行数据采集”。其中，trigger 值对应于感兴趣情境的条件，operation 值对应于数据采集^[20]。例如，如果“用户打开手机应用 X”，则采集“当前用户运动状态信息”。指令格式如下：

```
{ "trigger":  
  [{ "name": "triggername", "propertyname": "propertyvalue", "propertyname": "propertyvalue" ... }, ...  
  { "name": "triggername", "propertyname": "propertyvalue", "propertyname": "propertyvalue" ... } ],  
  "operation":  
    [{ "name": "operationname", "propertyname": "propertyvalue", "propertyname": "propertyvalue" ... }, ...  
    { "name": "operationname", "propertyname": "propertyvalue", "propertyname": "propertyvalue" ... } ]  
}
```

具体的采集指令集如表 1 所示：

表 1 采集指令集

感兴趣情境条件（IF）	数据采集（THEN）
CAUX 前台打开	时间，地理位置，运动状态，电量，网络状态，耳机插入状态，横竖屏
屏幕亮屏	时间，地理位置，运动状态，电量，网络状态，耳机插入状态，横竖屏
屏幕锁屏	时间，地理位置，运动状态，电量，网络状态，耳机插入状态，横竖屏
APP 前台打开	时间，地理位置，运动状态，电量，网络状态，耳机插入状态，横竖屏
APP 退到后台	时间，电量、地理位置，运动状态，网络状态，耳机插入状态，横竖屏

3.1.2 数据可视化

为了更直观的研究用户在不同运动状态下使用移动设备行为模式的差别，突破人为分析数据方面的局限，减少用户研究人员逐行筛选、分类整理数据的工作量，本文作者通过数据可视化的方式对用户原始数据进行了呈现。

针对用户研究人员使用 CAUX 工具进行用户研究工作的过程，本文总结了数据可视化方面的需求：查看用户的数据、查看用户不同运动状态下的数据、查看用户数据和运动状态在各时间段内的相关性、查看用户手机使用情况的统计信息。可视化界面主要分为设置模块和数据呈现模块，设置模块对用户数据进行设置，并可选择查看用户不同运动状态下的数据，数据呈现模块展示了用户的具体数据，主要包括手机 APP 的开启关闭、前后台切换、使用时长和频率、基本信息等,如图 5 所示。

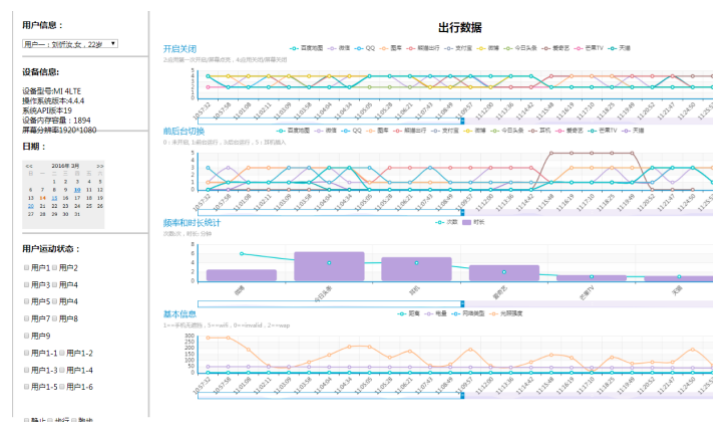


图 5 数据可视化

3.1.3 用户协同回顾

数据采集结束后，需要采用用户协同回顾的方式进行分析。用户数据通过可视化方式呈现，用户研究人员对客观数据进行分析，针对不同的运动状态进行假设并标注。在用户对日常行为活动记忆比较深刻的时候，通过与用户的交流，对与常规不同的地方进行解释标注，进而得到用户的日常行为活动。数据分析流程如图 6 所示。

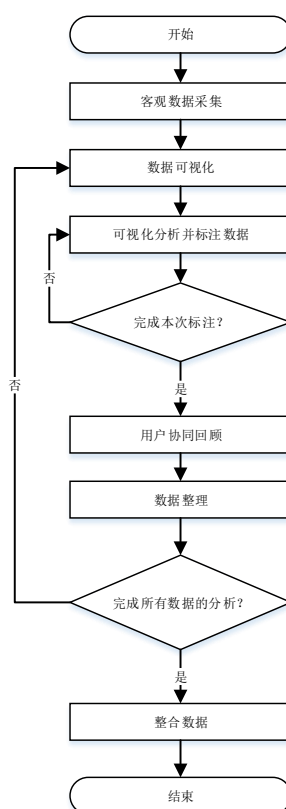


图 6 数据分析流程

3.2 案例研究

为了研究不同运动状态下用户的日常频繁行为模式，本课题选取在校大学生为目标用户。共招募了 6 名在校研究生，其中男女比例为 1: 1，平均年龄为 24 岁，招募依据的标准均为使用 Android 操作系统的智能手机设备、平均每日使用手机时长在 6 小时以上。

整个实验周期为期 7 天，六名用户均安装 CAUX 工具并下载规则，保证客观数据的有效采集。客观数据以天为单位依次采集并上传至服务器，用户研究人员每天将数据可视化并对数据进行标注，标注完成后通过用户协同回顾的方式对标注数据进行解释、整理、完善。实施过程如表 2 所示。

表 2 实验实施过程

参与人员	采集前准备	采集中	采集结束后
用户研究人员	1. 向用户介绍 CAUX 工具的使用 方法	1. 对数据进行可视化处理 2. 对数据进行标注 3. 用户协同回顾，对标注数据进行完善	1. 数据整理
		1. 了解 CAUX 工具 的使用方法 2. 安装工具	1. 卸载工具

本次共采集了 6 名用户 38875 条数据。本节以其中一名用户一天的数据分析为例，介绍客观数据通过可视化分析获取主观数据并得出用户日常频繁行为的过程。

1. 用户研究人员对该用户第一天的数据进行可视化处理，从用户的运动状态信息出发，进行标注，对用户一天内的运动状态进行分段，例如 0 点至 7 点一直保持静止状态，用户研究人员初步判断为静止阶段，7:30 至 7:40 两种运动状态在短时间内有交叉，用户研究人员

标记为不确定阶段，7:50 至 8 点一直保持走路状态，用户研究人员初步判断为步行阶段。通过用户研究人员的标记，可以得到用户一天内的运动状态分段。

2. 用户研究人员采用用户协同回顾的方式，根据标记的运动状态分段，结合各时间段前后的地理位置信息、移动设备使用情况，确定用户最终的分段信息及相应的地点，如图 7 所示，将用户运动状态分为十一段，并对应可能的地点信息。

3. 用户研究人员对应十一段运动状态信息，结合其它基本数据，如应用、网络状态、耳机插入状态、横竖屏，总结用户可能的行为规律。如[0-7 点，静止，宿舍，微信、第一弹、微博、TIM，移动网络，耳机未插入，竖屏]，[7:30-7:40, 步行，支付宝，移动网络，耳机未插入，竖屏]，[7:30-7:40, 步行，支付宝，移动网络，耳机未插入，竖屏]，[8-11 点，静止，实验室，微信、微博、信息、小红书、第一弹、爱奇艺，wifi，插入，横屏]，其中具体状态信息以当前时间段内频率最高或时长最多计入规律。

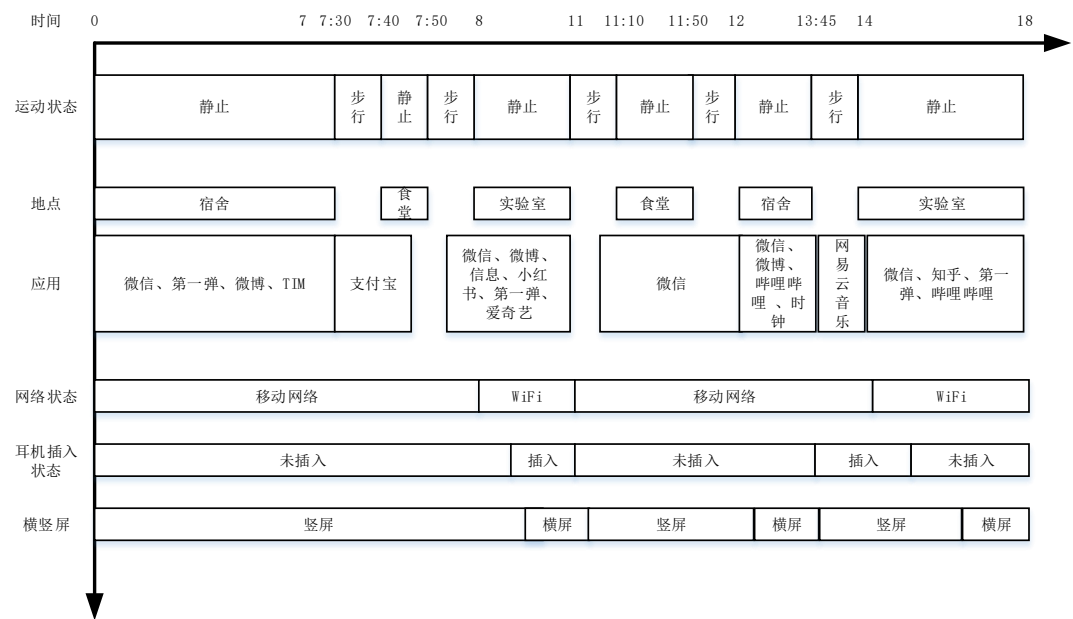


图 7 用户一天内的运动状态分段

通过对该用户数据的可视化分析总结行为规律的过程，得到该用户七天内共 79 条行为规律，并根据运动状态划分为 5 类日常频繁行为模式，如表 3 所示。由表可知，用户日常频繁行为以用户运动状态为基础，根据地点和时间的不同，可将用户日常行为划分为不同的模式供用户研究人员进行进一步研究。例如，该用户在宿舍处于静止状态时，模式 4 和模式 1 的主要差别在于耳机插入状态，该状态通过工具内问卷法的方式询问用户可得，模式 4 为午休或夜间休息时间，因此用户使用插入耳机功能，以防打扰他人；此外，在实验室处于静止状态时，用户习惯连接 wifi，不使用手机移动网络，且在使用视频类或游戏类应用时，会插入耳机并保持手机横屏状态。该结果有助于用户研究人员更好的还原用户场景^[21-22]。

通过以上步骤的分析过程，共得到 6 名用户 7 天时间内的 397 条行为规律，总结出 28 类日常频繁行为模式。

运 动 状态	地 点	时 间	应用类别	网络状态	耳 机 插 入 状态	横 竖 屏
1 静止	宿舍	7:00-7:30	社交类	移动网络	未插入	竖屏

2	步行	宿舍至餐厅/实验室至餐厅	7:30-8:00/11:00-12:00/17:00-17:30	支付类	移动网络	未插入	竖屏
3	静止	实验室	8:00-11:00/14:00-17:00/18:00-22:00	社交类、视频类、浏览器、工具类、资讯类、游戏类	wifi	插入(视频类、游戏类)	横屏(视频类、游戏类)
4	静止	宿舍	12:00-14:00/22:30-24:00	社交类、视频类、资讯类、工具类	移动网络	插入	横屏(视频类)
5	步行	实验室至宿舍	22-22:30	社交类、音乐类	移动网络	插入	竖屏

表3 日常频繁行为模式

4 总结

本文提出了一种基于运动状态感知能力的用户研究方法,即在移动设备内置传感器的基础上,通过 CAUX 工具实现实时采集用户运动状态数据的能力,识别准确率基本满足用户研究的需要,并利用数据可视化直观的呈现用户数据,提高了用户研究人员的数据分析效率。通过研究人员对数据的标注及用户协同回顾的过程,总结用户行为模式。本文作者应用 CAUX 工具,针对 6 名用户进行了为期一周的数据采集工作,通过数据分析得到 397 条行为规律,总结出 28 类日常频繁行为模式。案例实验验证,该方法能够有效获取用户在不打扰状态下的运动状态数据,并有效利用可视化界面,对用户数据进行分析,总结用户行为模式,

该研究对移动用户体验下的用户研究方法进行了拓展,弥补了传统用户研究方法中数据与情境信息耦合度低、主观性强、真实性弱等不足。在未来的用户研究中,用户日常频繁行为模式的提出,可进一步帮助用户研究人员还原用户场景,得到真实环境下的用户体验数据,从而发现用户需求或体验问题,进而指导移动产品的开发与设计。

参考文献:

- [1] 韩立,刘正捷.CAUX:帮助研究人员在感兴趣的情境中采集用户体验数据[J].计算机科学,2018,45(07):278-285+321.
- [2] 朱晓露.基于用户体验的App交互设计研究[D].成都:西南交通大学,2015.
- [3] 周力,聂桂平.基于人的活动行为的产品用户研究方法[J].东华大学学报(自然科学版),2007(03):399-402.
- [4] 马莲莲.产品设计与老年用户行为的关联性研究[D].南京艺术学院,2011.
- [5] KOJI Y, KHAI N. TRUONG. Fast track article: An evaluation of stylus-based text entry methods on handheld devices studied in different user mobility states. Pervasive Mob. Comput. 5, 2009:496 - 508.
- [6] LEHTOVIRTA J B, OULASVIRTA A, BREWSTER S. The effects of walking speed on target acquisition on a touchscreen interface[A]. New York, NY, USA:In Proceedings of the 13th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI ' 11). Association for Computing Machinery, 2011:143 - 146.
- [7] 张田.基于QFD和HCI的以用户为中心的新产品设计方法[D].北京:清华大学,2011.

- [8] 刘振宇. 基于用户行为的社区产品交互设计研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2019.
- [9] 谭浩, 冯安然. 基于手机使用情景的交互设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(18):225-228.
- [10] NEBELING M, SPEICHER M. W3Touch: metrics-based web content adaptation for touch[A]. Paris, France: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2013:2311-2320.
- [11] LEE Y S, CHO S B. Activity recognition using hierarchical hidden markov models on a smartphone with 3D accelerometer[A]. Springer Berlin Heidelberg: International Conference on Hybrid Artificial Intelligence Systems, 2011:460-467.
- [12] 王丽. 用户研究数据采集与分析工具的开发与应用[D]. 大连: 大连海事大学, 2017.
- [13] 王兵兵. CAUX 系统的设计与实现[D]. 大连: 大连海事大学, 2017.
- [14] OUCHI K, MIWAKO. Smartphone-based monitoring system for activities of daily living for elderly people and their relatives etc[A]. [S.l.]: In Proceedings of the 2013 ACM Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct Publication, 2013:103 - 106.
- [15] SUAREZ I, JAHN A, ANDERSON C, et al. Improved activity recognition by using enriched acceleration data[A]. New York, NY, USA: In Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp '15), 2015:1011 - 1015.
- [16] 张鑫, 李治军, 姜守旭. 基于 Android 手机传感器数据识别运动状态[J]. 智能计算机与应用, 2015, 5(03):46-48.
- [17] 王驰. 基于智能手机的人体运动状态分析[D]. 成都: 电子科技大学, 2016.
- [18] 张健敏. 基于 Android 手机的用户行为模式识别算法[A]. 中国高科技产业化研究会智能信息处理产业化分会. 第十届全国信号和智能信息处理与应用学术会议专刊[C]. 中国高科技产业化研究会智能信息处理产业化分会: 中国高科技产业化研究会, 2016:473-478.
- [19] 李文锋, 姚丙盟. 基于单三轴加速度传感器的人体活动状态识别[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(04):58-62.
- [20] 王晓彤. CAUX 辅助日志法用户研究的探索[D]. 大连: 大连海事大学, 2018.
- [21] 许珂. 基于场景构建的用户体验探究[J]. 大众文艺, 2020(02):121-122.
- [22] 王春晖, 金芝, 赵海燕等. 人机协作的用户故事场景提取与迭代演进[J]. 软件学报, 2019, 30(10):3186-3205.