

基于用户行为的智能家居产品设计方法研究与应用

王江涛, 何人可

(湖南大学, 长沙 410082)

摘要: **目的** 通过研究用户的操作行为和认知行为, 获取用户对智能家居产品的功能和操作需求, 提出基于用户行为的设计研究方法, 有利于提高智能家居产品可用性、降低用户的认知负荷。**方法** 首先将智能家居产品的重要功能操作流程进行拆解, 结合可用性研究方法并计算检验每项操作任务的可用性水平, 将产品用户体验问题进行量化, 采用任务分析法、出声思维方法和访谈法对可用性水平较低的操作任务进行行为采集; 其次结合行动七阶段方法对每个任务流程进行具体的行为分析, 发现用户行为与产品概念模型之间的“鸿沟”。然后, 提出用户行为“鸿沟”解决方法并结合智能家居产品的特点提出优化方向。最后, 进行产品迭代设计与方案评估。**结果** 以即将上市的某品牌扫地机器人产品为例, 通过用户行为采集和行为数据分析, 验证了该研究方法的可行性和有效性。**结论** 基于用户行为的产品设计研究方法能够发掘产品痛点, 提出改进方案, 并为智能家居产品的用户体验设计研究提供参考。

关键词: 用户体验; 用户行为; 智能家居产品; 扫地机器人

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)12-0142-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.12.019

Research and Application of Design Method of Smart Home Products Based on User Behavior

WANG Jiang-tao, HE Ren-ke

(Hunan University, Changsha 410082, China)

ABSTRACT: This paper aims to, by studying the user's operation behavior and cognitive behavior, obtain the user's function and operation requirements for smart home products, propose a design research method based on user behavior, which is conducive to improving the availability of smart home products and reducing the user's cognitive load. First, the important functional operation processes of smart home products were disassembled, the usability research method to calculate the usability level of each operation task was combined, the user experience problems of the product were quantified, and the task analysis method, aloud thinking method and interview method were used to assess the usability level behavioral collection for lower operating tasks; Secondly, a specific behavior analysis of each task process in combination with the seven-stage method of action was conducted, and the “gap” between user behavior and product conceptual model; Then, a solution to the “divide” of user behavior was put forward and the characteristics of smart home products to propose optimization directions were analyzed; finally, iterative product design and program were evaluated. Taking a certain brand of sweeping robot products that will be launched as an example, the feasibility and effectiveness of the research method are verified through user behavior collection and behavior data analysis. The research method of product design based on user behavior can explore product pain points, propose improvement plans, and provide a reference for user experience design research of smart home products.

KEY WORDS: user experience; user behavior; smart home products; robot cleaner

智能家居产品相对于传统移动端和 PC 端产品涉 及到更加复杂的人机交互方式, 其发展给人机交互提

收稿日期: 2021-02-15

作者简介: 王江涛 (1991—), 男, 山东人, 湖南大学硕士生, 主攻用户体验设计。

通信作者: 何人可 (1958—), 男, 湖南人, 湖南大学教授, 主要研究方向为设计史论和设计战略。

出新挑战。人机交互设计是研究用户行为的设计^[1]，目前用户行为的分析常用于软件工程、产品造型设计^[2-5]，鲜有学者在智能家居产品设计中引入用户行为分析。智能家居产品作为一种新的产品形式，正处于市场导入期，还未建立规范的设计标准、未被用户完全认可和接受；产品设计人员可通过了解用户行为规律及其与产品之间的关系，设计出合理、便利、愉悦的产品^[6]，并由此提出基于用户行为的智能家居产品设计方法。

1 智能家居产品的人机交互

智能家居产品涉及到复杂、多样的操作方式，用户需学习移动终端、遥控器、智能设备控制面板等操作。智能家居产品人机交互流程见图 1，其交互主体包括人和设备；用户具备行动意图后，任务设置指令通过网络触发智能家居产品；产品的各类传感设备可感知指令并进行智能处理，给用户反馈信息；用户对所获取的信息进行感知评估，实现人与产品的交互关系。在智能家居产品人机交互过程中，包含用户主动执行操作任务的行为并对行为产生的结果进行感知与评估，因此关于用户行为过程的研究对研究智能家居产品的人机交互方面至关重要，同时能够帮助

设计人员更好地洞察用户感知和认知习惯，辅助产品软硬界面协同创新设计。

2 基于用户行为的智能家居产品设计方法构建

基于用户行为的智能家居产品设计方法(见图 2)主要分为 4 个步骤。

- 1) 步骤 1。用户体验问题量化与行为采集，将智能家居产品的重要功能拆解成不同操作任务并进行测试，结合可用性研究方法计算每个任务的可用性水平。这便于对产品用户体验问题的全局把握，确定产品功能所优化的优先级，对可用性水平较低任务进行用户行为采集。
- 2) 步骤 2。结合唐纳德·诺曼提出的行动分析的 7 阶段方法对所采集的用户行为进行分析，寻找用户行为与产品概念模型之间的“鸿沟”。
- 3) 步骤 3。总结针对智能家居产品的“鸿沟”解决策略。
- 4) 步骤 4。对智能家居产品的软件和硬件界面进行迭代设计。对迭代后的产品进行可用性测试，并将测试结果与第一阶段的数据进行对比，对方案进行评估。

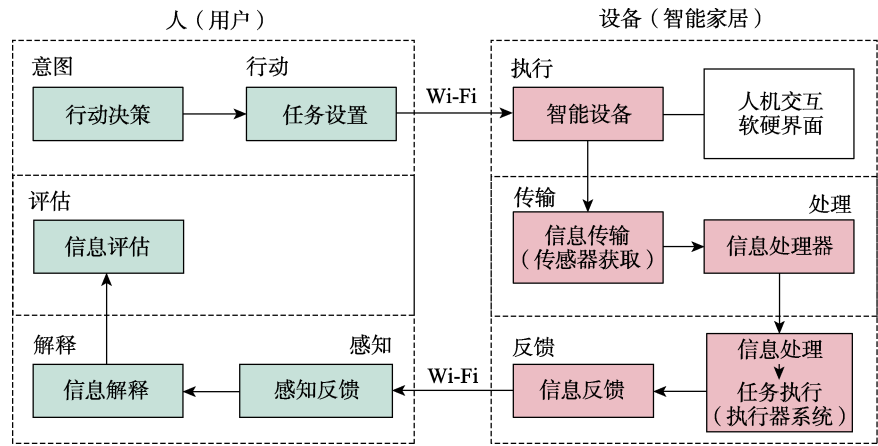


图 1 智能家居人机交互流程
Fig.1 Smart home human-computer interaction process

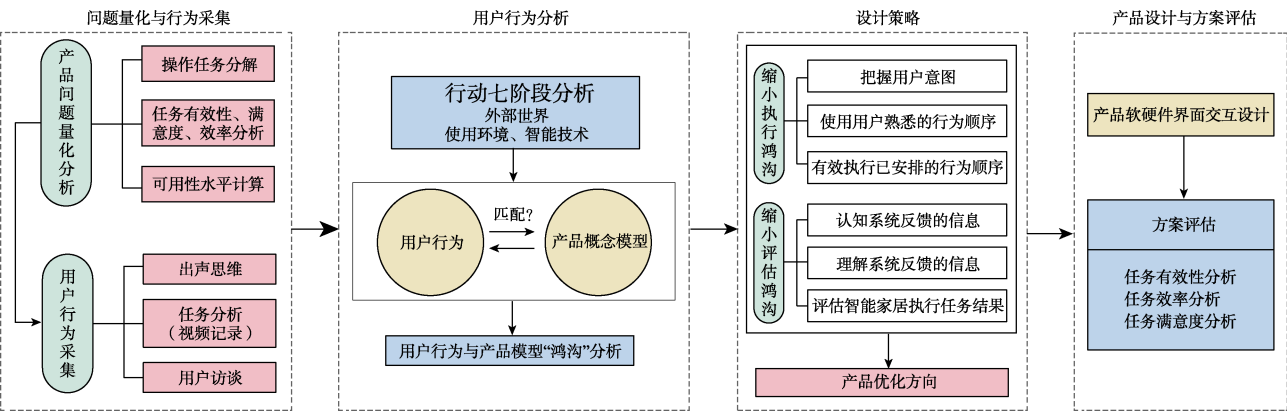


图 2 基于用户行为的智能家居产品设计方法
Fig.2 Smart home product design method based on user behavior

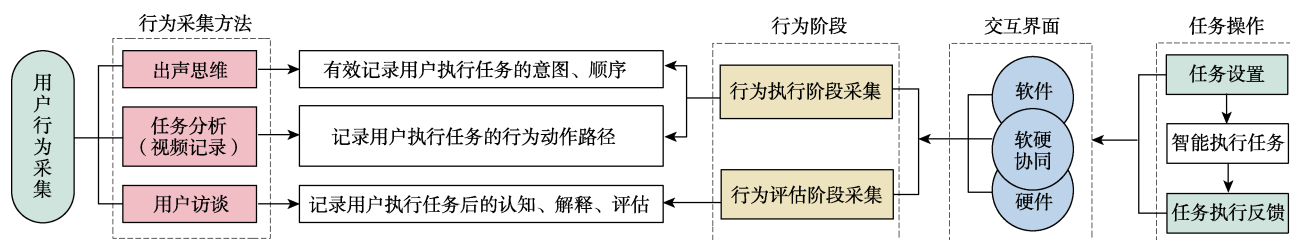


图3 用户行为采集流程
Fig.3 User behavior collection Process

2.1 用户体验问题量化分析与用户行为采集

采用可用性分析方法对智能家居产品进行有关用户体验问题量化分析。根据产品的功能设置 n 个操作任务、对 m 个用户进行测试, 分析 m 个用户针对每个任务的有效性 F_n 、效率 E_n 、满意度 S_n , 并计算每个任务的可用性水平 K_n 。有效性 F_n 计算可采取 m 个用户完成该任务程度来计算 (任务成功率: 完成任务比例+部分完成用户比例 $\times 0.5$), 每项任务限制时间为熟练用户操作时间的 3 倍计算, 被试超出时间或者自动放弃即为失败; 效率 E_n 的计算可用 m 个用户的平均用时除以熟练用时 (3 名熟练用户用时平均值)^[7]; 满意度 S_n 的计算可采用用户对该任务满意度的平均值。可用性水平 K_n 体现在对有效性、效率、满意度的整体衡量, 而这三个指标的重要性也有层次之分, 邓俊杰等人在对 NNG (尼尔森诺曼集团) 的可用性研究的基础上, 提出了可用性水平的计算公式即 $K_n = F_n \times 0.5 - E_n \times 0.3 + S_n \times 0.2$ ^[7]。运用该公式对智能家居产品每项任务的可用性值进行计算, 以决定需重点优化的功能和进行用户行为分析的任务。

根据用户行为分析方法制定了用户行为采集流程 (见图 3), 用于采集用户与不同界面交互过程中的操作: 通过出声思维法和访谈法采集用户执行任务的意图及完成任务后的认知、解释、评估; 通过视频录像法采集操作手势以分析用户执行任务的路径; 归纳用户在执行阶段和评估阶段的行为特征。在选取行为样本时考虑到如果只对一个用户的行为进行采集, 那么设计师是仅针对一个人进行设计, 单个用户的行为形态不能满足产品的所有受众者^[8], 因此本文对可用性实验涉及到的 m 个用户的行为进行综合采集, 以提高行为分析的准确性。

2.2 用户行为分析

人与智能家居产品的交互包括与软件、硬件界面的交互, 虽然交互载体不同, 但交互对象都是用户行为^[9], 用户行为的能力可以概括为认知、动作、感觉这 3 方面, 而这些信息都可以在操作过程中表现出来^[10]。行动是有意识的动作, 所有的行动都是行为^[11], 智能家居产品大多以功能为导向的, 这就决定了用户对该类产品的操作带有明确意识, 因此将唐纳德·诺曼提出的有意识的行动发生所要经历的 7 个阶段的理论^[12]用

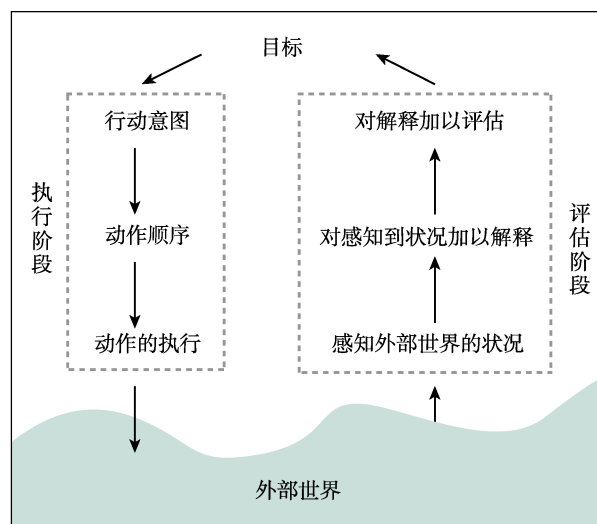


图4 行动的7阶段
Fig.4 7 stages of action

于对智能家居产品的用户行为分析中。行动的 7 阶段见图 4。用户要考虑 4 件事: 确定交互行动要达到的目标; 对外部世界所采取的行动即执行阶段; 认识外部世界本身; 查看行动对外部世界造成的后果即评估阶段。在交互过程中, 用户可能存在认知“鸿沟”, 主要发生在执行和评估阶段, 表现为用户行为与产品概念模型之间的差距, “鸿沟”的存在表明产品在操作中存在不足, 即为新需求的产生^[13]。

本文对用户行为特征进行分析, 诺曼提出的行动的 7 阶段分析法重点描述对行为的分析, 弱化了对外部世界的分析, 而在产品设计中, 外部世界可以理解为用户操作产品的动作。此外, 考虑到智能家居产品的使用体验与家庭环境具有很强关联性, 其智能可体现在通过各种传感器对环境进行感知并主动将环境或产品状态反馈给用户, 辅助用户的行动决策并感知外界。所以有关智能家居产品的用户行为研究模型要在行为研究的基础上融入跟产品功能相关的使用环境以及所涉及的智能传感器技术对用户行为的影响。

把用户完成某个任务分解成几个步骤, 并对用户每个步骤操作行动的执行阶段和评估阶段进行分析, 获取用户的操作行为和认知行为, 寻找每个阶段用户行为与产品模型间的“鸿沟”, 并分析其中的影响因素。构建智能家居产品的用户行为分析流程, 见表 1。

表 1 用户行为分析流程
Tab.1 User behavior analysis Process

任务	步骤	目标	意图	顺序	执行	感知	解释	评估	执行鸿沟	评估鸿沟	影响因素
—	步骤 1			—	—	—	—	—			技术 环境
	步骤 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
											

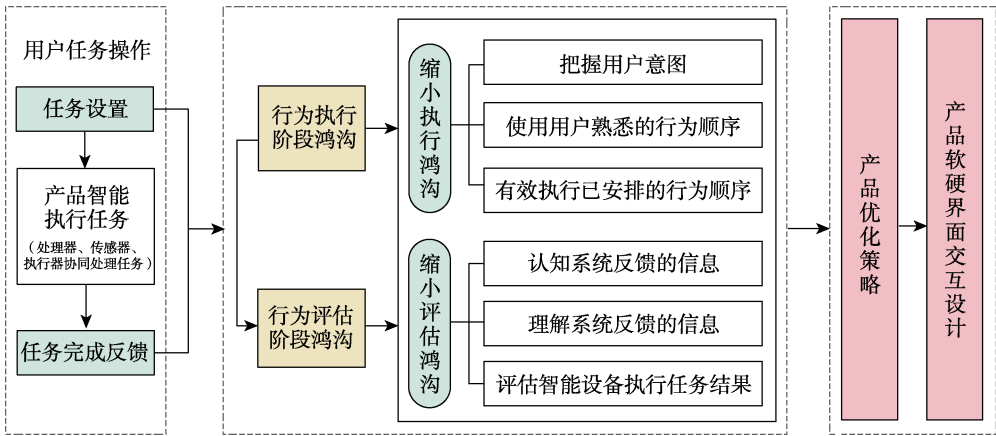


图 5 智能家居产品优化策略
Fig.5 Smart home product optimization strategy

2.3 智能家居产品优化策略研究

对于执行、评估阶段“鸿沟”的解决，目前有金振宇提出的人机交互产品缩小“鸿沟”的策略^[14]，以及李世国提出的“鸿沟”产生的重要因素^[15]两种研究成果。本文在现有研究基础上结合智能家居产品的特点和交互模式，提出智能家居产品缩小“鸿沟”的策略，见图 5。在行为第 1 阶段构建使用“意图”，把用户使用产品的目标转化为产品概念模型。在第 2 阶段，用户看到产品所直观联想到的行为“顺序”来完成意图。在第 3 阶段，用户按照先前思考的行为顺序，通过不同的交互模式用物理行为来“执行”产品的操作任务。在第 4 阶段，执行任务后产品给用户及时的反馈，让用户感知到产品的变化。在第 5 阶段，产品的信息或反馈结果让用户更加容易理解，以降低用户认知负荷。在第 6 阶段，把产品反馈的信息或结果与用户之前的目的进行对比评估，缩小用户认知差距。

3 应用案例

受国内某机器人公司设计研发中心委托，旨在获得具备科学性并符合商业价值导向的智能家居产品用户行为研究方法。以 90 后用户为行为主体，扫地机器人作为行为客体，本次实验从 2018 年 5 至 7 月招募了年龄在 23~28 岁的 30 名有深度使用扫地机器人的用户，对即将上市的某品牌扫地机器人进行测试，其中固件版本（1.11.6），APP 版本（1.0.4）。环境要求：（1）测试场地为面积 25 m² 的客厅，家居布局合理；（2）室内环境安静，门窗隔音良好；（3）网络环境稳定，插座充足；（4）房间有一定量清洁的垃圾，

满足机器人清洁需求；（5）室内光线充足，满足视频拍摄要求。

根据该扫地机器人的核心功能，将测试任务定为：机器人配网，自动清扫，预约清扫，禁止区域清扫，安装配件拖地等 5 项操作任务。实验人员引导受测者进行这 5 项任务测试，期间采用出声思维方法表述操作步骤，实验过程中采用摄像机对用户行为进行采集，手表、笔记本电脑和记录表用于记录操作用时以及错误记录。随后，对被试用户进行用户访谈和问卷调查，实验步骤见图 6。

3.1 扫地机器人产品用户体验问题量化分析

按照前文所描述的用户体验问题量化的分析方法，对 30 名用户操作 5 项任务的有效性、效率、用户行为时间和满意度进行分析，计算可用性水平。根据可用性水平排名，了解扫地机器人产品每个功能的用户体验状况，确定该产品重点优化的功能。扫地机器人产品问题见表 2。由于机器配网任务的可用性水平最低，仅为-0.53，所以以该任务为例，进一步分析用户行为。

3.2 用户行为分析

在扫地机器人配网的过程中，用户不停地在机器人界面和手机 APP 界面之间切换操作，故对用户操作过程中涉及的交互界面和关键行为进行提取分析，见图 7。在任务操作过程中，以出声思维的方法获取用户操作任务的意图；通过视频录像捕捉用户执行任务的动作；在用户访谈中总结用户任务操作的认知、解释、评价。采用行为 7 阶段分析法对机器人配网任务进行分析，用户行为分析见表 3，从行为分析中获

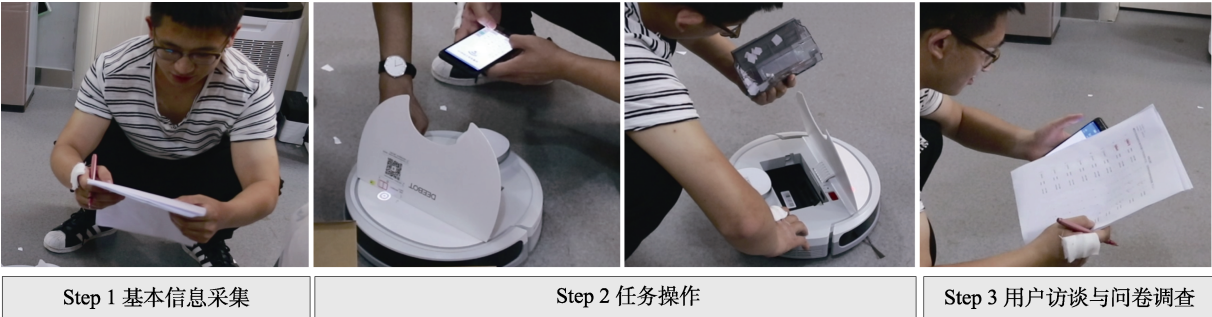


图 6 实验步骤

Fig.6 Experimental procedure

表 2 扫地机器人产品问题量化表

Tab.2 Sweeping robot product problem quantification table

任务 n	任务有效性	任务效率			任务满意度	可用性	可用性
	有效性 F_n	平均用时/s	熟练用时/s	效率 E_n	满意度 S_n	水平 K_n	排名
任务 1 机器人配网	0.33	245.87	57.37	4.29	3.30	-0.53	5
任务 2 自动清扫	0.50	158.50	42.15	3.76	3.43	-0.19	2
任务 3 预约清扫	0.75	127.00	38.01	3.34	4.27	0.23	1
任务 4 禁止区域清扫	0.78	241.90	50.33	4.80	2.75	-0.50	4
任务 5 安装配件拖地	0.73	179.00	76.21	2.35	3.77	-0.44	3

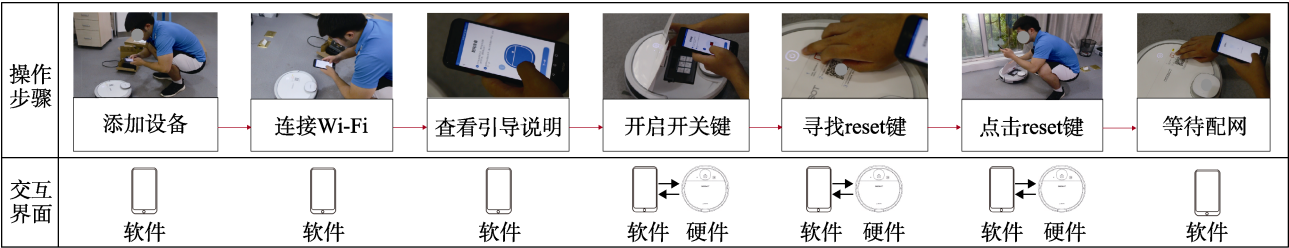


图 7 关键操作步骤与采用交互界面

Fig.7 Key operational steps and interaction patterns

表 3 机器人配网任务用户行为分析

Tab.3 User behavior analysis of robot distribution network task

操作任务	关键步骤	目标	意图	顺序	执行	用户感知	解释	评估
机器人配网	添加设备	添加成功	添加新机器人	寻找添加入口	找到添加入口	界面提示	易发现	满意
				预想添加方式	查看添加说明	界面提示	步骤清晰	有效
				添加设备	扫码添加设备	界面提示	操作成功	满意
	连接WiFi	成功连接网络	连接WiFi账号	询问账号密码	查看账号密码	产品提示	账号有效	有效
				输入账号	输入账号	界面提示	操作正确	有效
				输入密码	输入密码	界面提示	操作正确	有效
				确认	确认	界面提示	操作有效	满意
	配网引导	理解引导	阅读引导	寻找配网说明	找到配网说明	界面提示	界面引导	满意
				预想引导方式	查看引导方式	图文说明	步骤清晰	满意
				查看引导文字	查看引导文字	图文提示	术语难懂	不满意
				查看引导动画	查看引导动画	动画提示	有歧义	不满意
	配网操作	配网成功	按步骤操作	寻找电源键	找到电源键	界面提示	简单	满意
				打开电源键	打开电源键	无提示	无反馈	不满意
				进行下一步	点击下一步	界面提示	操作正确	满意
				寻找 reset 键	寻找 reset 键	无提示	按键隐蔽	不满意
				打开 reset 键	长按开关键	无提示	无引导	不满意
				进行配置	下一步	无提示	未知	错误

表 4 用户行为与产品模型鸿沟分析
Tab.4 User behavior and product model gap analysis

操作任务	关键步骤	执行阶段鸿沟	评估阶段鸿沟	影响因素
机器人配网	配网引导	无	不理解 Reset 键含义	Wi-Fi
		无	动画引导操作有歧义	Wi-Fi
	配网操作	无	打开电源开关无反馈	Wi-Fi
		未发现 Reset 键	硬界面无 Reset 标注	Wi-Fi
		错误长按启动键	无声音反馈	Wi-Fi、传感器
		无	配网等待时间较长	Wi-Fi、处理器

表 5 产品优化策略
Tab.5 Product optimization strategy

操作任务	关键步骤	交互界面	鸿沟解决策略	交互优化方向
机器人配网	配网引导	软件+硬件	采用易懂的引导术语，软硬界面采用一致的引导术语	更换 Reset 键术语，机器硬界面添加 Reset 键引导文字
		软件	引导动画清晰易懂	引导动画分步骤展示
	配网操作	硬件+软件	添加电源开关开启反馈提示	采用声音、文字反馈操作结果
		硬件+软件	提升 Reset 键可视性	按键采用突出色彩
		硬件+软件	添加 Reset 键开启反馈提示	采用声音反馈操作结果
		软件	及时反馈操作结果	界面及时反馈配网操作结果

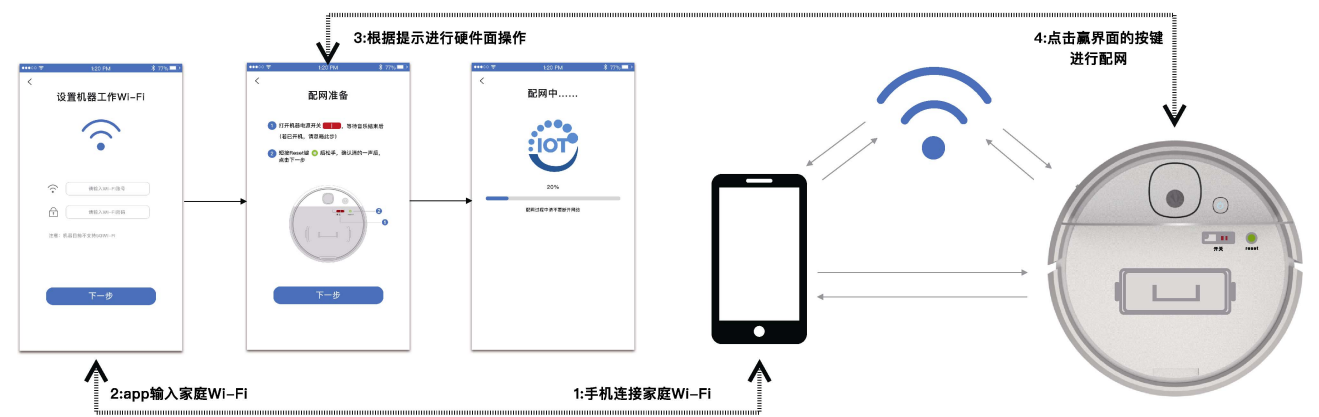


图 8 机器人配网软硬界面交互设计
Fig.8 Robotic distribution network soft and hard interface interaction design

知用户操作任务的顺序是正确的，在任务执行阶段由于操作引导动画有歧义使用户在按键的理解和操作上出现了错误的认知。

由表可知，用户在“配网引导”、“配网操作”中出现问题，影响任务的完成，用户行为与产品模型鸿沟分析见表 4。在考虑家庭网络速度（环境）和处理器、传感器速度（技术）对用户体验的影响，分析机器人配网过程中用户行为与产品概念模型之间的“鸿沟”，主要发现以下问题。

在“配网操作”步骤的行为执行阶段，由于“Reset”按键较小且色彩不够突出导致用户操作错误或寻找困难；在“配网引导”步骤的行为评估阶段，用户查看配网引导中无法理解“Reset”含义，配网引导动画播放较快，引导过程中出现歧义；在“配网操作”步骤的行为评估阶段，机器人界面无标注按键

名称、按键操作无反馈、配网等待较长等导致用户无法感知操作任务的状态。

3.3 产品优化设计

针对“配网引导”优化策略应采用易懂的引导术语，软硬界面相匹配信息设计，清晰的动画引导增强配网引导信息可视性，使用户及时感知正确的操作顺序并顺利执行；针对“配网操作”优化策略应改变机器人硬件界面“Reset”键布局，突出按键色彩和大小，开启开关键、开启 reset 键、配网结果能及时提供结果反馈，使用户获取信息后能有一个正确的评估。产品优化策略见表 5。设计人员基于用户行为分析的产品优化策略对扫地机器人的配网流程进行设计，最终获得机器人配网软硬界面交互设计方案见图 8。

表6 扫地机器人产品迭代方案评估

Tab.6 Sweeping robot product iteration scheme evaluation

任务2 机器人配网				
产品	有效性 F_2	效率 E_2	满意度 S_2	可用性水平 K_2
迭代前	0.33	4.29	3.30	-0.53
产品	有效性 F'_2	效率 E'_2	满意度 S'_2	可用性水平 K'_2
迭代后	0.93	1.02	4.56	1.07

3.4 设计评估

为了进一步验证研究方法的有效性,进行扫地机器人配网流程交互设计方案优化前后的对比,寻找30名用户在与第1阶段可用性研究中,在相同的实验环境下对迭代后产品任务2进行可用性测试,将结果与第1阶段的数据相比较。扫地机器人产品迭代方案评估见表6,其新的交互方案用户操作有效性、满意度、可用性水平评分优于现有的设计方案,迭代后的产品在用户体验上有明显的提升,证明基于用户行为分析的产品设计方法对智能扫地机器人设计的有效性。

4 结语

5G时代的到来和人们对生活品质的追求使得智能家居产品具有广阔的发展前景,而目前还鲜有针对智能家居产品用户体验的方法所进行的研究。本文针对智能家居产品的特点并结合用户行为研究的方法,提出了基于用户行为的智能家居产品设计方法。通过扫地机器人的研究案例,从产品用户体验问题量化分析、用户行为采集分析、设计策略研究到产品设计方案评估方法,一系列流程都具有科学性。另外,技术的发展使得语音交互、手势交互等已被应用到智能家居产品中,并对用户行为产生了较大影响。此后对智能家居产品用户研究中将考虑到更多的交互方式、技术等影响因素,从而更加全面地分析用户行为特征。

参考文献:

- [1] 辛向阳. 交互设计: 从物理逻辑到行为逻辑[J]. 装饰, 2015(1): 58-62.
XING Xiang-yang. Interaction Design: from Logic of Things to Logic of Behaviors[J]. Zhuangshi, 2015(1): 58-62.
- [2] 张蔚. 以行为分析为导向的幼儿园家具设计研究[J]. 装饰, 2018(9): 126-127.
ZHANG Wei. Study on the Design of Kindergarten Furniture Based on Behavior Analysis[J]. Zhuangshi, 2018(9): 126-127.
- [3] 欧静, 郑云爽, 赵江洪, 等. 基于行为分析的叉车驾驶室造型设计研究[J]. 包装工程, 2019, 40(14): 128-134.
OU Jing, ZHENG Yun-shuang, ZHAO Jiang-hong, et al. Driving Behavior Analytics-based Forklift Cab Appearance Design[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(14): 128-134.
- [4] 张宁, 李亚军. 用户行为数据驱动的设计研究——以老龄洗衣产品为例[J]. 装饰, 2016(5): 132-133.
ZHANG Ning, LI Ya-jun. Designing Investigation Motivated by User's Behavior Data: Case Study of Elderly Products[J]. Zhuangshi, 2016(5): 132-133.
- [5] 王伟伟, 孙嘉晨, 蒙肇阳, 等. 用户行为与情境导向下的产品便携化设计研究[J]. 机械设计, 2018, 35(9): 123-128.
WANG Wei-wei, SUN Jia-chen, MENG Zhao-yang, et al. Research on Product Portability Design Under User Behavior and Situational Orientation[J]. Mechanical Design, 2018, 35(9): 123-128.
- [6] 郑林欣. 基于用户行为的产品设计原则[J]. 包装工程, 2016, 37(14): 73-76.
ZHENG Lin-xin. Product Design Principles Based on User Behavior[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(14): 73-76.
- [7] 邓俊杰, 郑少娜, 王梓铭, 等. 蝶变-移动用户体验之道[M]. 北京: 清华大学出版社, 2018.
DENG Jun-jie, ZHENG Shao-na, WANG Zi-ming, et al. DIE BIAN-Mobile User Experience[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2018.
- [8] 谭浩, 冯安然. 基于用户角色的调研方法研究[J]. 包装工程, 2017, 38(16): 83-86.
TAN Hao, FENG An-ran. Research Methods Based on User Roles[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(16): 83-86.
- [9] RICHARD BUCHANAN, "Design as Inquiry: The Common, Future and Current Ground of Design", In Future Ground: Proceedings of the International Conference of the Design Research Society[C]. Melbourne Australia, 2005.
- [10] 邱召权. 以用户行为为导向的智能电视交互设计研究[D]. 无锡: 江南大学, 2017.
QIU Zhao-quan. The Research of Intelligent TV Interactive Design Based on User Behavior Oriented[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2017.
- [11] 王嘉. 基于用户行为的智能卫浴产品设计研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2016.
WANG Jia. Design Research of Intelligent Bathroom Products Based on User Behavior[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2016.
- [12] 唐纳德·A·诺曼. 好用型设计[M]. 梅琼, 译. 北京: 中信出版社, 2007.
NORMAN D A. The Design of Everyday Things[M]. MEI Qiong, Translate. Beijing: CITIC Publishing House, 2007.
- [13] 曹国忠, 石开, 王听. 基于多维感性的用户需求分析方法研究[J]. 包装工程, 2019, 40(6): 119-127.
CAO Guo-zhong, SHI Kai, WANG Ting. Study on User Demand Analysis Method Based on Multidimensional Sensibility[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(6): 119-127.
- [14] 金振宇. 人机交互——用户体验创新的原理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2017.
JIN Zhen-yu. HCI: Principles for UX Innovation[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2017.
- [15] 李世国, 顾振宇. 交互设计[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
LI Shi-guo, GU Zhen-yu. Interaction Design[M]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press, 2016.