

【视觉传达设计】

基于情境分析的适老化智能家居产品语音
用户界面设计策略研究窦金花^{1,2}, 齐若璇¹

(1.天津理工大学, 天津 300384; 2.北京科技大学, 北京 100083)

摘要: **目的** 随着智能家居产品的普及应用, 老年用户在使用智能家居产品过程中存在着许多障碍。语音交互作为智能家居产品的主要交互方式之一, 研究适老化智能家居产品语音用户界面的设计策略, 以提升老年用户操作智能家居产品的使用体验。 **方法** 基于情境理论研究, 提出 4 种老年用户智能家居情境类型, 包括用户情境、任务情境、时间情境、环境情境, 深入分析老年用户智能家居情境特征, 并提出具体的智能家居产品语音用户界面设计策略。针对用户情境特征提出了语音用户界面的多通道交互设计, 构建情感化、人格化的语音用户界面, 构建上下文记忆辅助对话过程的设计策略。针对老年用户的任务、时间、环境情境提出了主动交互式语音用户界面设计、提供连续的行为服务体验等设计策略。 **结论** 研究结果为智能家居产品语音用户界面的设计开发提供了方法和策略参考, 为老年用户提供了更加自然、舒适的智能家居产品使用体验。

关键词: 情境分析; 适老化; 智能家居产品; 语音用户界面

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)16-0202-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.16.028

Elderly-Adaptability Voice User Interface Design Strategy of
Smart Home Products Based on Context AnalysisDOU Jin-hua^{1,2}, QI Ruo-xuan¹

(1.Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China;

2.University of Science and Technology of Beijing, Beijing 100083, China)

ABSTRACT: With the popularization and application of smart home products, there are many obstacles in the process of older users using smart home products. As one of the main interactive modes of smart home products, the design strategy of elderly-adaptability voice user interface for smart home products is studied to improve the use experience of elderly users operating smart home products. Based on the research of context theory, this paper puts forward four kinds of context types of smart home for elderly users, including user context, task context, time context and environment context. It analyzes the characteristics of smart home context of elderly users, and puts forward specific voice user interface design strategy of smart home products. According to the characteristics of user context, the multi-channel interaction design of voice user interface is proposed, the emotional and personalized voice user interface, and the design strategy of context memory assisted dialogue process are constructed. According to the task, time and environment of the elderly users, the design strategies of active interactive voice user interface and continuous behavioral service experience are proposed. The research results provide a method and strategy reference for the voice user interface design of smart home products, and provide more natural and comfortable experience of smart home products for elderly users.

KEY WORDS: context awareness; elderly; smart home products; voice user interface

收稿日期: 2021-04-09

基金项目: 2018 年度天津市教委社会科学重大项目 (2018JW2D14)

作者简介: 窦金花 (1978—), 女, 黑龙江人, 博士, 天津理工大学副教授, 主要研究方向为人机交互、人工智能与创新设计, 产品服务系统设计、文化遗产的可持续发展与设计创新等。

互联网、物联网、大数据、人工智能技术的发展使智能家居产品得到了广泛应用,为用户提供了智能化、便利化的服务。随着人口老龄化问题日益严重,越来越多的老年人接触和使用智能家居产品,由于老年人的生理、心理以及行为的特殊性,使其在智能家居产品使用过程中存在较多障碍。良好的智能家居产品语音用户界面设计对提升老年用户的使用体验具有重要的作用,语音用户界面因其交互方式的自然性,在适老化智能家居产品中具有较好的应用前景。

1 相关研究

在日渐成熟的语音交互技术支撑下,语音交互成为智能家居产品的交互方式之一。一些学者针对智能家居产品语音用户界面进行了研究。廖青林等人^[1]通过情感交互实验研究、问卷分析、综合分析数据得出,用户与智能家居产品的情感交互程度决定着智能家居助手的拟人化程度,智能家居产品语音助手拟人化程度与用户满意度成正比。周文祥^[2]对人与人之间交流对话特点进行分析,提出智能语音情感交互设计的方法,一是感知用户情绪状态,二是设备自动代入对应情境中,给出相应的反应,通过上述方法给用户提供匹配的服务和内容,满足用户的个性化需求,提升用户体验。

也有学者对语音用户界面反馈时间展开研究。李悦等人^[3]通过实验测试获取用户语音交互过程中的语速信息,研究得出对语音用户界面反馈时间的控制能够引导用户在语音交互过程中交互体验和情感的变化,提出将语速检测模块加入到语音用户界面的设计中,使用户在界面体验中具有良好的时间知觉。陈宪涛等人^[4]通过实验对智能产品语音用户界面中语音唤醒环节和语音对话环节的反馈时间展开研究,研究得出在语音交互的不同环节用户对反馈时间有不同的需求,同时不同的唤醒方式有其特定的时间范围,优化语音用户界面的反馈时长有利于提升用户使用体验及满意度。

吴宇^[5]对智能家庭场景中的语音用户界面提出了一些设计建议:一是进行人物模型设定;二是融入多通道交互模式,结合视觉和语音通道强化语音交互体验;三是对用户可能出现的错误预防和纠正,引导用户完成正确的输入流程。针对老年用户智能家居产品语音用户界面的研究较少,有少部分学者关注到这个问题。贾国忠^[6]基于老龄化的现状,对老年用户使用智能家居产品进行语音交互可能出现的问题进行研究,通过实验得出在唤醒词设计上要简洁,选择老人易记住的人名,以“你好+名称”来唤醒系统;在语音任务设定方面老年用户偏向于温馨、安静的女性角色;对话内容和逻辑要简洁易理解。王攀凯^[7]以老年陪伴机器人为研究对象,研究老年陪伴机器人的语音交互体验设计方法,在分析老年人认知特征和总结

语音交互相关理论研究的基础之上构建了老年人语音交互框架,提出在老年陪伴机器人的语音交互设计中应用自我说明式语音交互、自定义唤醒词、自动调整音量、加入老年人专用语等设计策略与方法。

近年来,随着情境感知技术的发展,基于情境感知的自适应用户界面是未来的主要发展趋势。分析老年用户智能家居情境并研究具体的智能家居产品语音用户界面设计策略,是设计开发智能家居产品自适应语音用户界面的基础,而已有研究中缺少对此方面的研究探索,这为本文的研究提供了契机。

2 老年用户智能家居情境分析

学者对情境的定义和类型展开了研究。Bill Schilit 等人^[8]提出情境含有 3 个重要的方面,包括“你在哪里”,“你和谁在一起”,“你附近的资源”。Dey^[9]将情境定义为可以用来描述实体状况的任何信息,实体被认为是与用户和应用程序(包括用户和应用程序本身)之间交互相关的人、地点或对象。Chen^[10]认为在智能空间的背景下,情境的概念为计算机系统提供了一种自动推理用户状况的方法,因此,它允许系统预测用户的需求并代表用户采取行动,并提出在智能空间系统中,用户定位、用户身份、用户意图是研究中常用的情境信息。

Dey^[9]将描述特定实体情况的主要情境类型列举为地点、身份、活动和时间,这些情境类型不仅回答了谁、什么、何时、何地的问题,还可以作为其他上下文信息源的索引。Ryan 等人^[11]将情境类型划分为地点、环境、身份和时间。窦金花和覃京燕^[12]提出用户、环境、任务、设备 4 种情境类型,用户情境包括个体和社会情境,环境情境指物理环境,任务情境包括用户任务及相关的事件或行为,设备情境包括设备属性及相关的其他设备属性等。

基于前人对情境理论的研究,将老年用户智能家居情境分为 4 大类型,分别是用户情境、任务情境、时间情境、环境情境,用户情境包含老年用户的感官特征、认知特征、情感特征、人格特征,任务情境包含老年用户的目的情境、行为情境,时间情境包含日常事件时间和特殊事件时间,环境情境主要包含物理环境因素。老年用户智能家居情境类型见图 1。

2.1 用户情境分析

老年人的用户情境包括老年用户的感官特征、认知特征、情感特征、人格特征 4 个方面。随着年龄的增长,老年人的感官功能出现衰退现象,视力和听力感官机能下降是最为常见的表现^[13-14]。老年人认知变化指的是大脑对信息接收、汲取和判断的能力发生了明显的变化,不能顺利地对事物进行辨别以及完成任务流程,认知变化主要表现在注意力、记忆力、知觉和思维等方面,认知能力随着年龄的递增也会有强弱

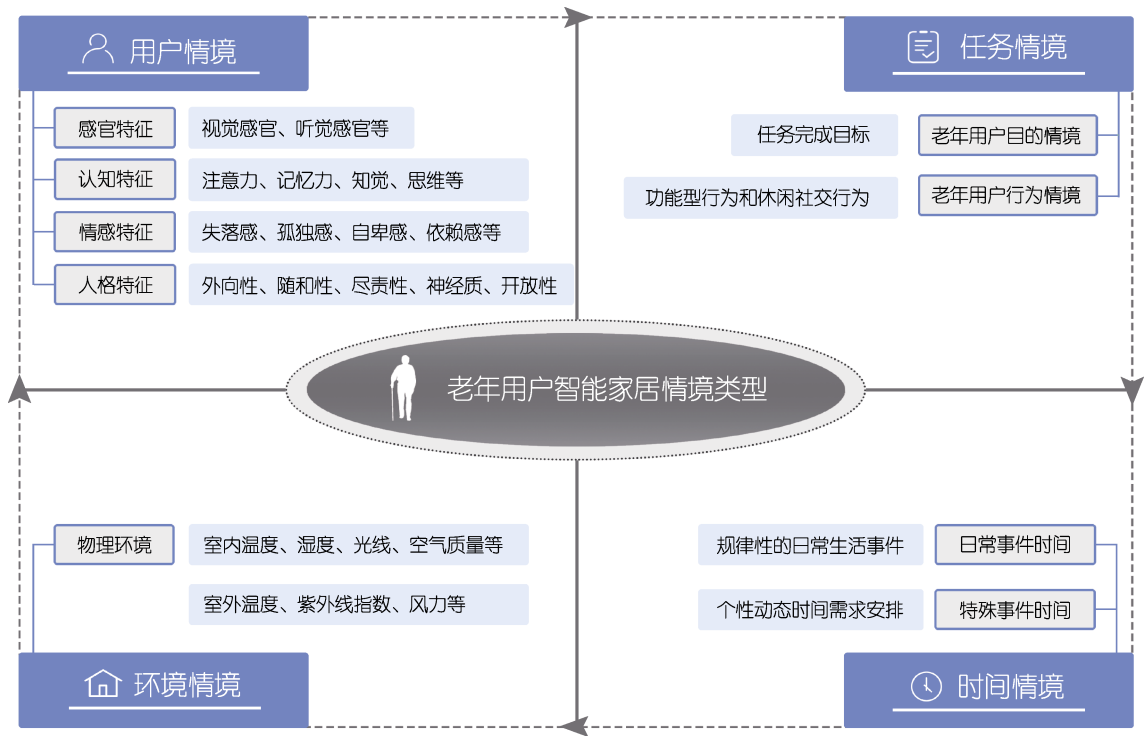


图 1 老年用户智能家居情境类型
Fig.1 Smart home context types for elderly users

等级的变化^[15-16]。伴随着老年人生理方面的衰退，其心理状况也悄然发生变化，影响着老年人日常生活中的情感状态。人格是个体在面对自己或外界时本质的心理特征，经典的大五人格理论提出了5个人格维度——外向性、随和性、尽责性、神经质、开放性^[17]。老年人的个性受影响于年龄递增、后天人生经历、所处环境等多种因素协同作用而改变，也呈现差异化的人格特征。老年人的感官特征、认知特征、情感特征、人格特征见表1。

2.2 任务情境分析

2.2.1 老年用户目的情境

目的引导用户产生行为动作进而完成设定任务，而需求是产生行为目标的动因。老年人在日常居家生活中存在方方面面的需求，通过文献研究和观察、访谈等方法，分析提取老年人居家生活需求，包含生理需求、健康需求、安全需求、社交或情感需求、信息需求、娱乐需求、尊重需求、自我价值实现需求等，老年人居家生活的需求分类见图2。

2.2.2 老年用户行为情境

老年用户的行为与需求、目的紧密相关，老年用户的日常生活行为具有一定的规律性，通过深入老年人生活进行访谈与观察分析，将老年用户的行为分为两大类型，分别为功能型行为和休闲社交型行为。功能型行为是指满足老年人日常居家生活基本需求的行为活动，包含起居行为、家务行为、卫生行为、健

康行为、饮食行为、安全防护行为等。休闲社交型行为指的是满足老年人精神和情感需求的行为活动，包含社会交往行为、文化娱乐行为、购物行为、亲情互动行为、外出行为等。老年用户的行为类型见图3。

2.3 时间情境分析

时间情境包括日常事件时间和特殊事件时间。大多数老年人具有规律性的日常生活事件，每天固定的事件时间具有相近性，例如每天起床与进入睡眠的时间是相对固定的，一天早中晚的进餐时间是相对固定的、每周的运动休闲时间也具有规律性。日常事件时间具有个体差异性，每个家庭老年人的规律性时间安排是不同的。在日常生活中老年人也会有特殊的活动安排，比如商场购物等特殊事件活动。这些都是老年人根据自己生活的特殊需求安排的一些活动，具有不确定性和不规律性。

2.4 环境情境分析

家庭空间是老年人主要的生活环境，而物理环境是家居环境中的主要构成因素，包括室内温度、湿度、光线、空气质量等。室外的物理环境包括温度、湿度、紫外线指数、风力等，对老年人的出行有着一定影响，这些因素都是与老年人息息相关的环境情境。在室内外环境因素中，安静环境和嘈杂环境会对老年用户使用语音用户界面体验产生影响，噪音水平是适老化语音交互界面设计需要重点考虑的影响因素。

表 1 老年人的感官特征、认知特征、情感特征、人格特征
Tab.1 Sensory characteristics, cognitive characteristics, emotional characteristics and personality characteristics of the elderly

感官特征	视觉感官特征	晶状体硬化、视网膜变薄等 白内障，青光眼等病症导致视力下降 对光亮度、色彩辨别度下降
	听觉感官特征	听觉系统逐渐老化，声音敏感度降低 远距离及较嘈杂的环境中声音接收困难
认知特征	注意力特征	注意力集中性逐渐减弱 老年人的信息需求影响注意力的分布
	记忆力特征	记忆力随着年龄递增而呈逐渐减退的趋势 对信息的提取与分析出现困难，遗忘的速度加快 专注于一件事情时间过长时会产生疲惫
	知觉特征	具有选择性规律 过往经验和知识影响老年人接收信息的难易
	思维特征	神经细胞衰退，导致思维能力减弱、反应能力下降 思维能力的灵活性不及年轻群体，信息接收缓慢 学习和理解一项新事物需要更长的时间 不能够用语言准确表述想要传达的信息
	失落感	身体素质下降、机能的退化造成心理负担，较少参与社会活动，产生失落感，对生活抱有消极的态度
情感特征	孤独感	独自生活，人际交往活动少，缺少子女的陪伴，易引发孤独感与寂寞感
	自卑感	对新鲜事物接受较慢，社会角色产生变化，易生自卑情绪
	依赖感	各种衰退特征逐渐显现，老年人有强烈的依赖性，希望得到更多来自家人的关心和认同
人格特征	怀旧感	对过往的事物经常回忆，易产生怀旧情绪
	外向性、随和性、尽责性、神经质、开放性	老年人由于个体的不同，呈现不同的人格特征，使其在社会、组织、情感等方面呈现差异性的特质

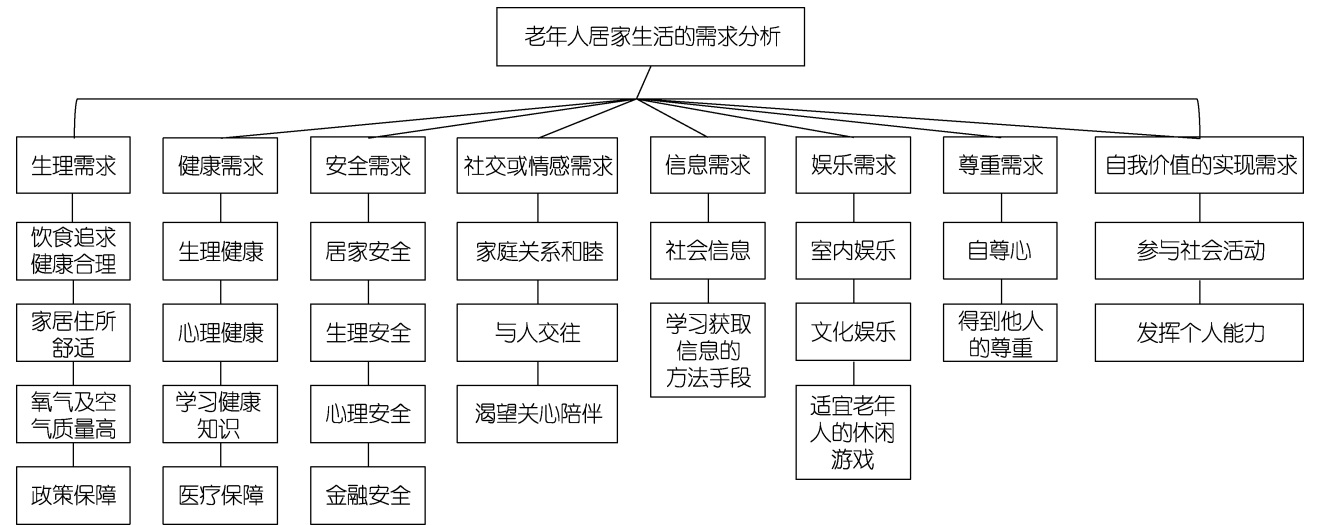


图 2 老年人居家生活的需求分类
Fig.2 Needs classification of the elderly living at home

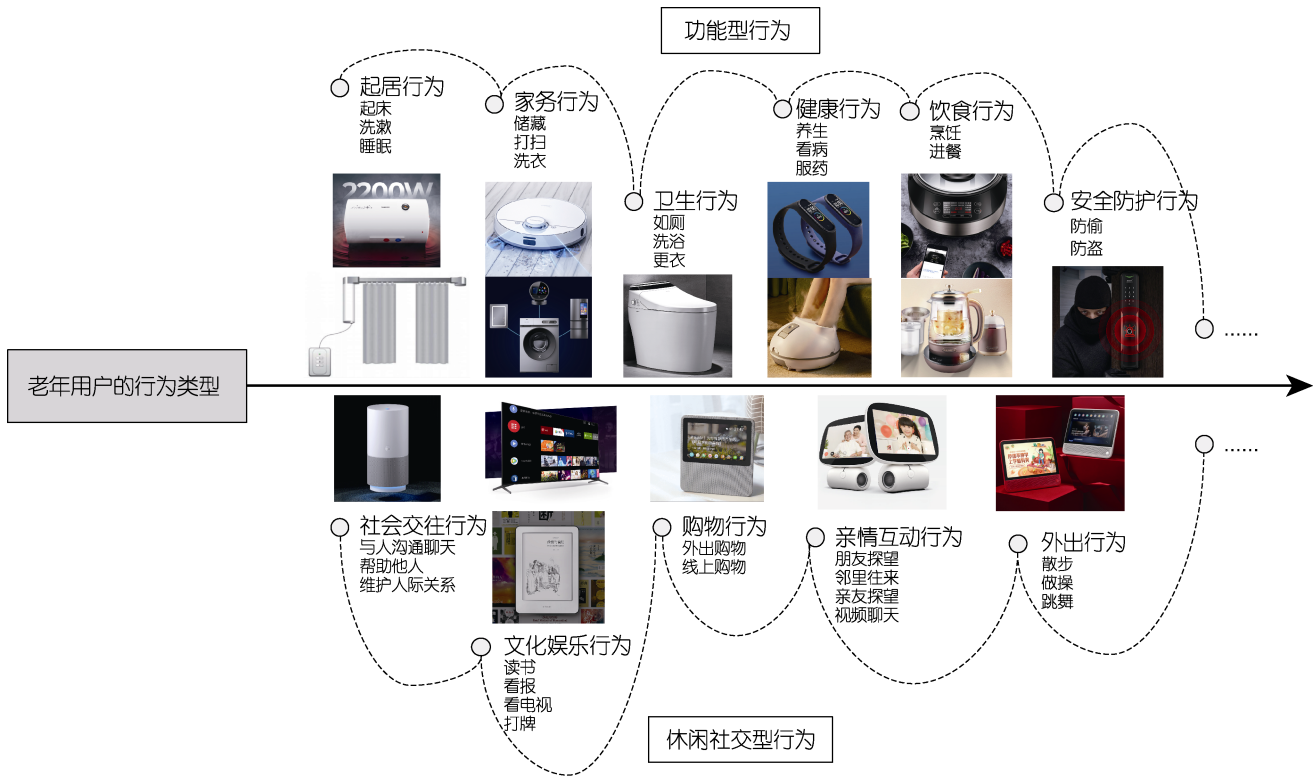


图 3 老年用户的行为类型
Fig.3 Behavior types of elderly users

3 面向老年用户情境的智能家居产品语音用户界面设计策略

3.1 用户情境下的设计策略

3.1.1 多通道交互设计融入智能家居产品语音用户界面

随着年龄的增长，老年用户听力、记忆力等功能衰退，单通道的语音交互方式容易增加老年用户的认知负荷。适老化智能家居产品的语音用户界面以语音作为主要信息交互方式，并辅助可视化视觉信息增强语音用户界面交互体验，促进老年用户对语音交互系统的多通道感知。具体来说，在语音唤醒、指令输入、信息传达、确认反馈等环节的交互过程中融入可视化设计，例如，在语音唤醒环节中，语音用户界面进行语音回复的同时伴以短暂灯光进行视觉回应，并结合文字、图像等图形用户界面元素；在指令输入环节中，辅以图形用户界面显示“正在输入中”的文字信息，从视觉上提示老年用户语音输入环节处于正在进行时的状态；在信息传达环节中，以语音为主要方式与老年用户交互，辅以文字信息以及灯光闪烁效果提示老年用户信息已传达完毕，若语音交互过程中出现中断现象，语音提示老年用户是否需要继续对话；在确认反馈环节中，多轮对话模式过程中以语音为主、图形用户界面辅助确认信息，单轮对话模式过程中语音反馈之后以特定音效结束对话。

Siri（苹果智能语音助手）交互反馈方式见图 4。

3.1.2 构建上下文记忆辅助对话过程

在语音用户界面对话过程中，理解老年用户交流使用的指代词是语音持续沟通过程中的重要组成部分，老年用户的认知特征导致语音对话过程中易出现指代词歧义、发音不清晰、对话内容记忆模糊等现象，语音对话要持续跟踪上下文以实现多轮对话与持续交互，促进语音交互过程高低语境的匹配。语音交互系统的上下文记忆功能需要记录多轮对话的内容信息，在与老年用户进行持续对话的过程中，语音用户界面能够根据语音对话的上下文信息提示老年用户遗忘的信息内容，将对话进行下去，完成语音服务流程。

3.1.3 情感化语音交互设计

老年用户的情感需求是智能家居产品语音用户界面设计考虑的重要因素，情感化语音交互设计通过分析老年用户语音流中的语气、音量、语速等信息，感知当前情境下老年用户的情绪状态，并实时调整语音反馈的语气、音量、语速等状态，与老年用户进行适当的情感交互。例如当语音交互系统识别到老年用户有悲伤、低沉等情绪时，系统以平缓、轻柔的语音与老年用户进行对话，主动提示老年用户通过语音命令使用某种系统功能，如与子女进行视频或语音通话、听音乐或戏曲等。

同时，为了给老年用户带来更舒适的语音服务体验，在语音交互的任何阶段出现沟通障碍等问题时，

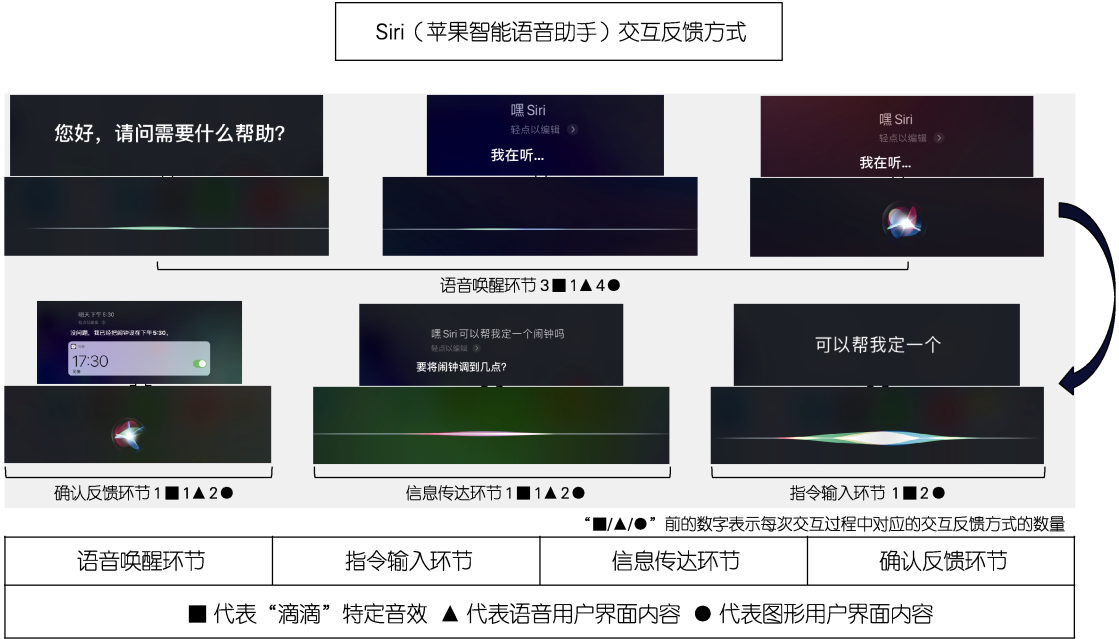


图 4 Siri (苹果智能语音助手) 交互反馈方式
Fig.4 Siri (Apple intelligent voice assistant) interactive feedback mode

都不要去责怪老年用户,以免给老年用户带来挫折感和失败感,影响其对智能家居产品的使用。语音用户界面应根据上下文信息增强错误提示,主动采用亲切的对话模式,理解并引导老年用户顺利地进行语音对话,使老年用户在交互过程中保持积极乐观的情绪状态,提升老年用户的使用满意度。

3.1.4 构建与老年用户匹配的人格化语音用户界面

设计适老化智能家居产品语音用户界面助手,通过对语音助手的年龄、性别、外形、语速及音调、对话内容等的设计赋予其人格特征,语音助手的人格化设计易使老年用户产生依赖感和信任感,建立老年用户对智能家居产品的信任关系。通过分析老年用户的人格特征,智能家居产品可提供与老年用户人格特征匹配的语音助手。以外向性人格特征的老年用户为例,其表现为热情活力、自信健谈、喜与人交往等,针对具有外向性人格的老年用户,语音助手设计为年龄上偏小、声音形象自信活泼、对话音调偏高、对话语速较快、主动对话的频率偏高,以及在对话的内容中加入口语化的语言以更贴近老年用户的人格特征。以微软人格化对话系统为例,微软小冰是具有人格化的对话系统实体,定义她的人格涵盖基础属性和兴趣属性,包括对话、声音、视觉等交互的能力,同时对对话内容体现设定的性格。微软小冰人工智能机器人的人格特征体现见图 5。

3.2 任务情境下的设计策略

3.2.1 主动交互式语音用户界面设计

老年用户初次使用智能家居产品语音交互服务,语音用户界面要主动向其介绍使用方式及使用流程,

多次使用之后,语音交互系统记录并分析老年用户使用智能家居产品进行对话时交流过程的流畅度及常出现的问题,主动性给予语音帮助,引导老年用户学习并使用智能家居产品语音用户界面,主动提示老年用户操作方式及设备支持的功能等,以视频教程辅助老年用户记忆,提高老年用户使用智能家居产品的自我效能感。

3.2.2 构建连续的行为服务体验

老年用户的行为主要分为功能型行为和休闲社交型行为,从任务情境方面考虑,智能家居产品语音用户界面要根据老年用户的行为规律提供符合行为情境的语音服务。针对老年用户功能型行为,采用简短命令式、问答式的对话形式,确保语音识别的准确性,提高任务完成效率。针对老年用户的休闲社交型行为,要确保自然语音交流的舒适性,提升老年用户的情感体验。智能家居产品语音用户界面参与到行为产生到任务结束的整个过程中,根据老年用户行为的类型自主切换对话模式,保证老年用户智能家居环境任务目标完成的连续性。

3.3 时间情境下的设计策略

老年用户的时间情境分为日常事件时间情境和特殊事件时间情境。针对日常事件时间情境,适老化语音用户界面的设计根据时间线上的时间和事件进行设计,调整语音的语调、语速、音色、音量等特点适应老年用户的状态变化。例如,早晨以轻快、活泼的语音给予老年用户轻松、愉悦的氛围,并推荐音乐服务;看书看报时以优雅、轻柔的语音营造平和的氛围,并推荐问答服务;晚间休息前时以低沉、缓慢的



图5 微软小冰人工智能机器人的人格特征体现

Fig.5 Personality characteristics of Microsoft Xiaobing artificial intelligence robot

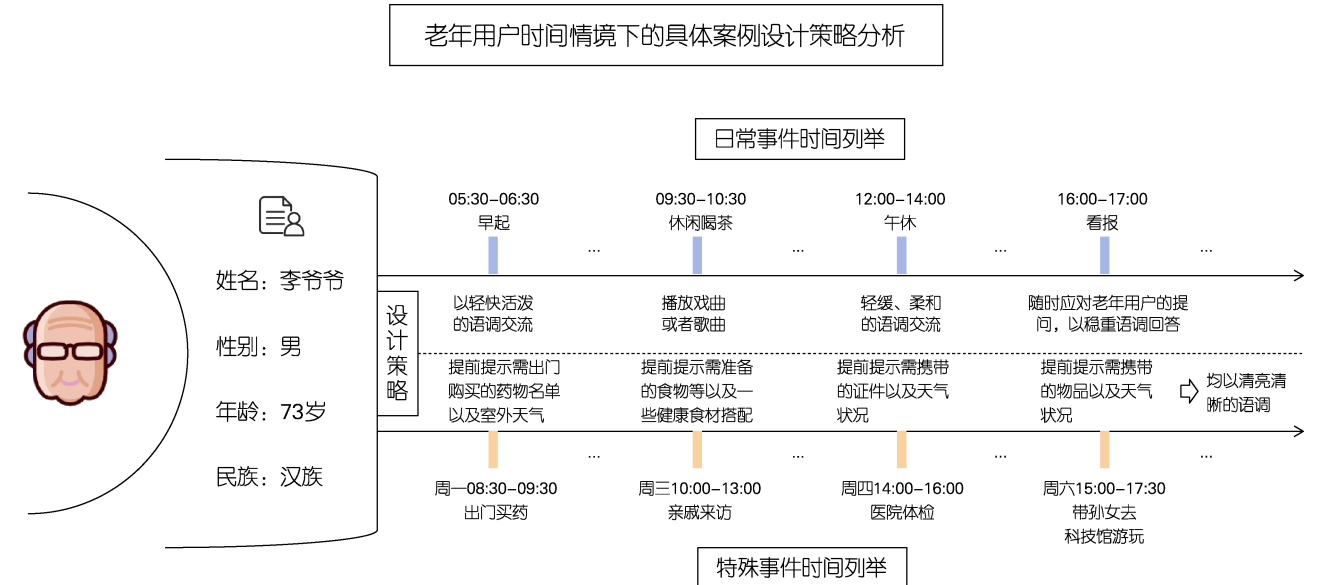


图6 老年用户时间情境下的智能家居产品语音用户界面设计策略

Fig.6 Voice user interface design strategy of smart home products in the time context of elderly users

语音给予老年用户安静放松的氛围,并推荐讲故事服务等。针对特殊事件时间情境,由于老年用户的个性语音需求是动态变化的,语音交互界面对话机制的设计需随机主动应对老年用户的语音需求。例如,老年用户对特殊事件的时间容易遗忘,智能家居产品语音用户界面提供给老年用户预约功能,通过唤醒语音助手,向语音助手传达预约提醒的事件及提醒时间,到预约时间语音助手切换至活泼语音模式主动提示老年用户,避免老年用户产生记忆力减弱的自卑情绪。老年用户时间情境下的智能家居产品语音用户界面

设计策略见图6。

3.4 环境情境下的设计策略

3.4.1 匹配合适的内容服务

环境情境指的是室内外的物理环境,包括温度、湿度、光线、声音、空气质量、风力等级、紫外线强度等,环境情境与老年用户的日常生活密切相关,影响其身体健康、居家生活质量以及出行活动等。智能家居产品在监测到室内外环境信息后,分析环境情境对老年用户的影响因素,根据老年用户的事件安排为

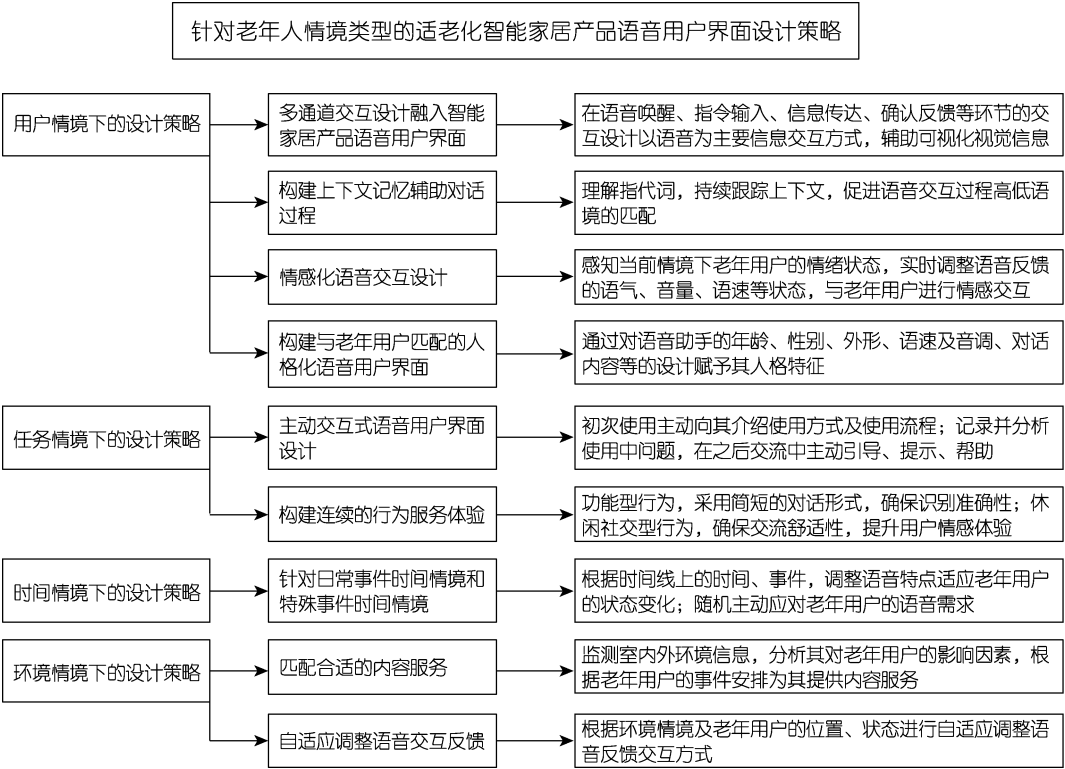


图 7 适老化智能家居产品语音用户界面设计策略

Fig.7 Design strategy of voice user interface for aging smart home products

其提供环境分析报告，通过语音用户界面对老年用户提出具体的居家与外出建议内容。

3.4.2 自适应调整语音交互反馈

智能家居产品语音用户界面的反馈方式要根据环境情境及老年用户的位置、状态进行自适应调整。当老年用户处在嘈杂的环境中，语音用户界面自动提高语音交互的声音反馈，当老年用户处在安静的环境中，语音用户界面降低语音交互的声音反馈，以一种轻柔的方式进行语音交互。老年用户与智能家居产品之间的距离是动态变化的，根据距离的远近进行声音反馈的调整，避免出现距离远听不清，或距离近而声音过大的现象，给老年用户带来不适感。同时，语音用户界面设计也需要考虑老年用户自身的静止状态或运动状态，对音量及音调大小进行自适应调整。

面向老年用户智能家居情境的适老化智能家居产品语音用户界面设计策略见图 7。

4 结语

语音用户界面是一种更加自然、人性化的人机交互界面，在智能家居产品中具有较好的应用前景。本文针对老年用户使用智能家居产品的问题和需求，分析老年用户智能家居情境类型，包括用户情境、任务情境、时间情境、环境情境，基于老年用户智能家居情境类型提出适老化智能家居产品语音用户界面设计策略：面向用户情境提出相应的设计策略，包括多

通道交互设计融入智能家居产品语音用户界面、构建上下文记忆辅助对话过程、情感化语音交互设计、构建与老年用户匹配的人格化语音用户界面；面向任务情境提出相应的设计策略，包括主动交互式语音用户界面设计、构建连续的行为服务体验；面向时间情境提出了针对日常事件时间情境和特殊事件时间情境的设计策略；面向环境情境提出匹配合适的内容服务、自适应调整语音交互反馈的设计策略。研究成果能够为设计开发人员提供适老化语音用户界面设计方法及策略参考，为老年用户提供更舒适的智能家居产品交互体验。

参考文献：

[1] 廖青林, 王玫, 冯战. 基于情感互动的智能家居产品语音交互设计[J]. 包装工程, 2019, 40(16): 37-42.
LIAO Qing-lin, WANG Mei, FENG Zhan. Voice Interaction Design of Smart Home Products Based on Emotional Interaction[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(16): 37-42.

[2] 周文祥. 智能语音交互的情感化设计——示例小度在家音乐场景下的情感化设计及解决方案[J]. 计算机科学与应用, 2019, 9(3): 638-643.
ZHOU Wen-xiang. Emotional Design for Intelligent Speech Interaction: Showcasing the Emotional Design and Solutions to Xiaoduzaijia under Music Scenes[J]. Computer Science and Application, 2019, 9(3): 638-643.

- [3] 李悦, 王军峰, 王文军. 基于时间知觉的语音用户界面反馈机制优化[J]. 装饰, 2019(7): 100-103.
LI Yue, WANG Jun-feng, WANG Wen-jun. Optimization of VUI Feedback Mechanism Based on the Time Perception[J]. Art & Design, 2019(7): 100-103.
- [4] 陈宪涛, 关岱松, 周茉莉, 等. 智能产品语音用户界面的响应时间研究[J]. 人类工效学, 2019, 25(1): 1-5.
CHEN Xian-tao, GUAN Dai-song, ZHOU Mo-li, et al. Research on Response Time of Smart Product Voice User Interface[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2019, 25(1): 1-5.
- [5] 吴宇, 吴闻宇. 智能家庭场景下语音用户界面交互设计研究[J]. 工业设计, 2019(1): 140-141.
WU Yu, WU Wen-yu. Research on Interactive Design of Voice User Interface in Smart Home Scene[J]. Industrial Design, 2019(1): 140-141.
- [6] 贾国忠. 面向老年人的智能音箱语音交互设计研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2018.
JIA Guo-zhong. Research of AI Speaker Voice Interaction Design for the Aged[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2018(1): 55-61.
- [7] 王攀凯. 针对老年陪伴机器人的语音交互设计研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2019.
WANG Pan-kai. Study of Voice Interaction Based on Elderly Companion Robot[D]. Beijing: University of Posts and Telecommunications, 2019.
- [8] Schilit B, Adams N, Want R. Context-Aware Computing Applications[J]. 1st International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 1994(1): 85-90.
- [9] Dey A K. Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications[M]. Atlanta: Georgia Institute of Technology, 2000.
- [10] Chen H. An Intelligent Broker Architecture for Context-Aware Systems[D]. Maryland Baltimore: University of Maryland Baltimore County, 2003.
- [11] Ryan N, Pascoe J, Morse D. Enhanced Reality Field-work: The Context-Aware Archeological Assistant[M]. British Archaeology Reports: In Computer Applications in Archeology, 1997.
- [12] 窦金花, 覃京燕. 基于情境感知多维数据可视化的产品服务系统创新设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(2): 87-91.
DOU Jin-hua, QIN Jing-yan. Product Service System Innovation Design Based on Context Awareness Multi-dimensional Data Visualization[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(2): 87-91.
- [13] 吴琼. 基于老人生理、心理特征与需求的养老机构植物景观设计研究[D]. 南京: 东南大学, 2018.
WU Qiong. Planting Design of Nursing Homes Based on Physiological, Psychological Characteristics and Demands of the Elderly[D]. Nanjing: Southeast University, 2018.
- [14] 郑瑾颖. 基于老年人感官特点的产品操作反馈机制[J]. 机械设计, 2014, 31(1): 116-119.
ZHENG Cui-ying. Product Operation Feedback Design Based on the Elderly People's Sensory Characteristics[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(1): 116-119.
- [15] 朱建春. 基于老年人认知特征的智能产品设计解读[J]. 工业设计, 2018(8): 145-146.
ZHU Jian-chun. Interpretation of Intelligent Product Design Based on Cognitive Characteristics of the Elderly[J]. Industrial Design, 2018(8): 145-146.
- [16] 郭瑞. 基于认知过程的老年人信息服务研究[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2019.
GUO Rui. Research on Information Service for the Elderly Based on Cognitive Process[D]. Harbin: Heilongjiang University, 2019.
- [17] 约翰·罗斯特, 苏珊·格伦博. 现代心理测量学[M]. 李思瑶、缪晶晶, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2011.
John Rust, Susan Golombok. Modern Psychometrics: The Science of Psychological Assessment[M]. LI si-yao, MIAO Jing-jing, Translated. Beijing: China Renmin University Press, 2011.