

基于5G与AI技术的家庭服务机器人交互设计研究

邹志娟, 陈思洁

(桂林理工大学, 广西 桂林 541300)

摘要: **目的** 针对家庭服务机器人的多功能、多智能、重交互等迭代需求, 探究5G与AI技术在家庭服务机器人的多功能联动、智能交互的设计。**方法** 以家庭服务机器人的交互设计为研究对象, 使用5G技术, 协同智能语音、智能感知、计算机视觉等AI核心技术, 对居家养老机器人的多智能体现及交互设计进行研究。**结果** 在5G与AI技术融合下, 完成了以“智慧养老”为核心的居家养老机器人设计, 输出了居家养老机器人的智能交互造型、交互方式及界面设计表达。**结论** 将5G互联和AI技术相结合, 不仅为家庭服务机器人的功能、智能提供了新模式, 而且增加了用户与家庭服务机器人的互动体验。

关键词: 5G; AI; 家庭服务机器人; 交互设计; 居家养老机器人

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)16-0479-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.16.054

Interaction Design of Home Service Robots Based on 5G and AI Technology

ZOU Zhi-juan, CHEN Si-jie

(Guilin University of Technology, Guangxi Guilin 541300, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the design of 5G and AI technologies in the multi-functional linkage and intelligent interaction of home service robots for the iterative needs of multiple function, multi-intelligence, and emphasizing interaction of home service robots. Taking the interaction design of home service robots as the research object, using 5G technology, combined with AI core technologies such as intelligent voice, intelligent perception and computer vision, the multi-intelligence embodiment and interaction design of a home-based elderly care robot was studied. With the integration of 5G and AI technologies, the home-based elderly care robot with "Smart Senior Care" as the core was constructed, and the intelligent interaction shape, interaction mode and interface design expression of the home-based elderly care robot was output. It is concluded that the combination of 5G and AI technologies not only provides a new model for the function and intelligence of home service robots, but also increases the interaction experience between users and home service robots.

KEY WORDS: 5G; AI; home service robots; interaction design; home-based elderly care robot

深圳市人工智能行业协会发布的《2021年中国家庭服务机器人行业研究报告》认为: 家庭服务机器人是指在家庭及类似环境下由非专业人士使用, 以满足其生活需求为目的的服务机器人, 这种机器人的操作使用, 通常不需要专业知识或技能, 不需要特别的培训或资质^[1]。随着5G和AI技术的快速发展, 功能单一、智能化不足、交互性不强的家庭服务机器人不能满足消费者的需求, 用户更倾向使用多功能、多智能、交互性好的家庭服务机器人。

1 家庭服务机器人的关键技术

1.1 5G通信技术

5G (5th Generation Mobile Communication Technology) 即第五代移动通信技术, 能给用户带来更快的网速、更少的延迟、更多设备的接入。5G通信技术包含了5G网络技术和5G无线技术。5G的网络技术能解决人与人的通信, 5G的无线技术则能解决人

收稿日期: 2023-03-20

基金项目: 四川省教育厅人文社会科学重点研究基地“工业设计产业研究中心”项目; 2022年度桂林理工大学校级一般项目; 思政背景下地方高校《包装设计》线上线下混合式一流课程建设

作者简介: 邹志娟 (1982—), 女, 硕士, 副教授, 主要研究方向为文创产品、智能产品设计研究。

与物、物与物之间的通信问题，其使“万物互联”成为可能。

5G 通信技术能满足灵活多样的物联网需要，让家庭服务机器人更智能、更便捷、更顺畅。家庭服务机器人的用户可以通过发送指令，将传统的家庭设备变为物联网设备，接入网络端，可实现近距离或远程智能操控，让智慧家居中的多物实现互联互通的功能。用户也可以应用语音控制、感应控制、远程控制等 AI 技术，创造和丰富 5G 物联网技术的家庭应用场景。还可以在 AI、AR 和 VR 等的合作下，达到超高清（3D）、增强现实、虚拟现实视频等使用体验。

1.2 人工智能技术

人工智能（Artificial Intelligence，AI）是指研究、模拟人类智能的理论、方法、技术及应用的技术科学，其使用机器代替人类实现认知、识别、分析、决策等功能，本质是对人的意识与思维的信息过程的模拟^[2]。简单地说，AI 是一种以计算机技术为基础，其核心是利用软件程序来模拟人类智能，为人们解决复杂的问题。从交互的感官角度来看，家庭服务机器人的 AI 关键技术主要包括人机交互技术、机器视觉（如生物特征识别）、智能语音、自然语言处理等。其中，人机交互技术作为人工智能的核心，可通过语音、文本、图像、触控、手势等一系列方式来控制机器人按照用户意图执行任务。

2 家庭服务机器人的交互设计研究

2.1 家庭服务机器人的交互方式

触控交互、语音交互、手势交互、体感交互、多通道交互是当下家庭服务机器人常见的 5 种交互方式。触控交互较为经典高效，语音交互在家庭场景中比较亮眼，手势交互、体感交互、多通道交互也逐渐进入家庭服务机器人领域。不同的人机交互方式，需要不

同的人工智能技术应用在不同的交互场景中。

2.1.1 触控交互

触控交互是指通过肢体接触来完成人与家庭服务机器人的互动，具有更直观、准确率更高的特征，能让用户直截了当地清楚是否操作成功，其成本比其他交互方式更低。大多数家庭服务机器人的触控交互已经摆脱了键盘和鼠标的操作。甚至，少部分家庭服务机器人还可以实现多点触控、多屏联动、电子甩屏等新型的触控交互方式，见表 1。

2.1.2 手势交互

基于视觉的手势交互作为人机交互的重要组成部分^[6]，以及人与机器人交互的重要方式^[7]。家庭服务机器人的手势交互是指用户无需接触屏幕，就能通过隔空手势实现一系列操控动作。比如，手势操控家庭服务机器人切换音乐、调节其音量大小等。手势交互是以直觉为出发点的交互，容易被用户记住和使用，形成新的用户习惯。手势交互相对触控交互、语音交互而言，它是一个很好的补充。另外，手势交互容易受到文化背景等间接影响，因而在进行手势交互设计时，要充分考虑其是否符合文化约定。

2.1.3 语音交互

语音交互是指用户使用语音与家庭服务机器人进行交流互动，以达成自己的目标。语音交互作为沟通最为方便的方式，能释放用户的双手，降低人与产品之间的距离限制，还能帮助用户通过听觉方式接受信息，从而减少他们的视觉疲劳。

2.1.4 体感交互

体感交互，也称为视觉交互。它是指机器人通过对人体姿势、手势、步态等识别以完成人与机器人的互动。这种交互方式包括手势交互、表情交互、姿势交互、行为交互等体感交互，具有交互模式直观、易懂、趣味性强的特点。

表 1 家庭服务机器人的交互方式
Tab.1 Interaction mode of home service robots

交互方式	人工智能技术支持	应用示例
触控交互	用户通过触控人机交互界面与系统交流，为经典、准确率最高的触控交互方式	物理按键、触控屏、电子甩屏等输入设备
手势交互	用户可以借助手势交互技术，通过手势操作机器人	手势控制机器人移动、切换音乐、打开开关等
语音交互	人和机器以语音为主要信息载体，需要麦克风设备，以及语音识别（ASR）、自然语言处理（NLP）等技术支持 ^[3] ，交互方式效率高、更自然	与机器人对话；用户语音下达命令控制机器人，如语音移动机器人等
体感交互 （视觉交互）	机器人利用情境或身体感知技术，获得环境信息等 ^[4] ，以及用户的手势动作、面部表情、身体姿势、步态和其他行为举止等产生交互	机器人能识别用户的情绪和意图等，可做出相应的反应，主动为人提供服务 ^[5] ，如安抚用户提供娱乐功能
多通道交互	综合使用多种输入通道和输出通道，用最恰当的方式传递服务，使用户有更直观的体验	向机器人询问天气情况，物联网下的电视机机会自动显示和播报

2.1.5 多通道交互

多通道交互是指综合使用多种输入通道和输出通道,用最恰当的方式传递服务来满足用户需求,具备实现多设备协同和跨设备场景迁移的价值特征。在 5G 物联网技术下,未来相当部分家庭服务机器人可以采用多通道交互方式,在多个智能设备之间实现多通道交互,提升用户的体验感和满意度。

2.2 家庭服务机器人的交互设计要素

一个完整的交互系统,是由人、产品、行为、场景、技术这五个要素组成的。现在市场上以家庭服务机器人为主的交互系统,用户(人)主要以老人或儿童为主,少部分对象是整个家庭。其他的交互设计要素诸如技术、场景、行为,见图 1。

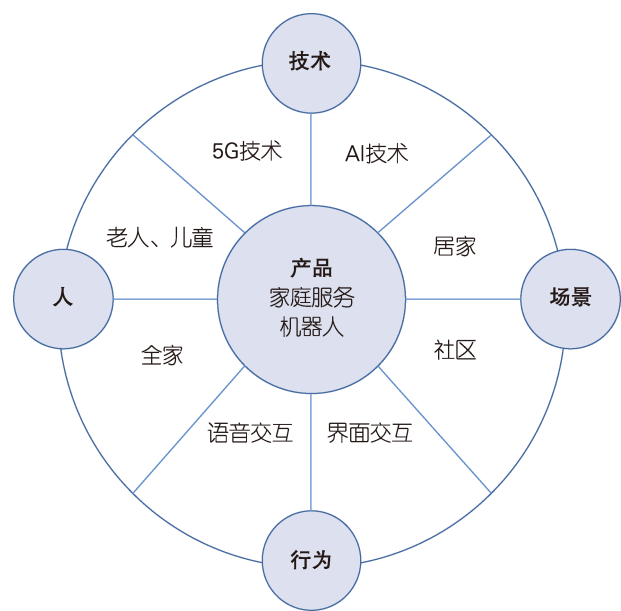


图 1 家庭服务机器人的交互设计要素
Fig.1 Interaction design elements of home service robots

家庭服务机器人的交互设计要素,还可以高度概括成三要素:用户、介质、过程^[8]。这会使得设计师更为关注用户(人)和产品本身,更加注重人与产品的交互表达。

2.2.1 用户要素

用户(人),是家庭服务机器人的直接使用者。用户的需求和体验是人与服务机器人交互过程中最为重要的部分。对用户进行调查与分析,需要了解用户的心理特征、生理特征、行为特征等信息,从而得出用户需求。可以根据 Kano 模型对用户需求进行层次分析,如家庭服务机器人可提供基本型需求、期盼型需求、兴奋型需求,尽量避免无差别需求、反向型需求等。

2.2.2 介质要素

介质(产品),即家庭服务机器人就是交互过程

中的介质。介质是交互流程的執行者,是产品交互手段和反馈的体现,如何将不同的交互方式合理地分布在介质(产品)中,以此提升家庭服务机器人的多功能、多智能、重交互的交互设计。介质要素有外观要素和交互界面要素之分。其中,外观要素包含整体外观造型、视觉识别机构造型、功能机构造型、移动机构造型、色彩搭配;交互界面要素,则包含家庭服务机器人的物理界面、APP 移动端软件界面等。

2.2.3 过程要素

过程要素(行为、场景、技术)为用户对家庭服务机器人发出指令后,家庭服务机器人会做出相应反馈的整个过程要素。用户在何种场景下使用家庭服务机器人,其交互行为、技术支持、任务流程如何,经常涉及该交互设计的用户体验。因而,设计要素在交互过程中的定位^[9],如交互内容、功能实现、用户行为的确定,可依靠 AI 和 5G 技术的融合来提升用户的使用体验。

2.3 家庭服务机器人的交互设计流程

交互设计的目的是让家庭服务机器人更加易用,让用户使用更加愉悦,从而提升用户的体验。家庭服务机器人的交互设计,关键是要获取用户需求,并将用户需求转化为功能,以功能来促进家庭服务机器人的交互设计。在交互设计过程中,可以通过一个或者多个故事,结合用户、事件、产品与环境等关键因素来模拟目标用户的使用流程和各个因素之间的内在联系^[10]。对家庭服务机器人的交互设计,则拟定如下大致设计流程。

1) 确定用户需求。确定用户需求的方法非常多,如问卷调查法、观察法、访谈法、竞品分析法等。在获得第一手用户需求后,设计者应对用户需求进行分类或分级,而 KANO 模型正是用户需求分类和需求分级的工具。KANO 模型可以根据不同类型的需求,将影响用户满意度的因素分为五类:兴奋型需求、期望型需求、基本型需求、无差异需求、反向型需求。在设计时,做到满足基本型需求、期望型需求,力争达到兴奋型需求,尽量避免无差异需求和反向型需求。

2) 需求转化功能。在确定用户需求后,需要将用户需求转化为产品功能。首先,利用 KANO 模型将用户需求分为三个层级(A、B、C 等),再进行需求分层(A1、B1、C1 等);其次,在分层需求对应的功能上列出 AI 或 5G 的关键技术支持;最后,将家庭服务机器人的产品功能与交互造型、整体结构及部件一一进行对应,见表 2。

3) 交互设计输出。家庭服务机器人(介质)侧重多功能、多智能、重交互的体现。在交互设计输出时,应包含机器人的外观交互设计、运行软件的界面交互设计。一方面,对视觉识别机构造型、功能机构造型、移动机构造型进行形态推演,并最终确定机器

表 2 用户需求向产品功能转化
Tab.2 Transformation from user needs to product functions

用户需求	分层需求	AI 或 5G 技术支持	造型与结构部件实现
基本型需求 A	A1	AI 技术 N1	造型 1, 造型 2
	A2	AI 技术 N2, 5G 技术 1	结构部件 1, 结构部件 2
期盼型需求 B	B1	AI 技术 N3	外观造型
		AI 技术 N4, 5G2 技术 2	界面设计 1, 界面设计 2
兴奋型需求 C	C1	AI 技术 N5, 5G 技术 N3	整体外观设计或其他

人的总体外观形态及色彩搭配；另一方面，对家庭服务机器人界面的信息架构、任务流程进行梳理，并输出低保真或高保真效果方案。

3 基于 5G 和 AI 技术的居家养老服务机器人交互设计实践

基于大数据时代“智慧养老”背景，应用“5G 物联网技术+AI 人工智能技术”，居家养老服务机器人交互设计项目拟通过无线连接、远程遥控等 5G 技术，且通过语音、触屏、体感等 AI 技术的支持，赋予老年人以陪护、健康指导和疾病预防。该项目实践以设计师韦礼莉、沈艳为主导，以“智慧养老”为切入点，拟设计一款居家养老服务机器人，其包括外观交互设计、界面交互设计等内容。

3.1 确定用户需求

3.1.1 用户访谈

居家养老服务机器人最关键的交互设计要素为用户（人）。项目实践主要采用观察法、访谈法来调研目标人群（60 岁以上独居的自理老人或介助老人）的用户需求。经过实地走访、提纲式访谈一线城市广州近 40 户人家（有老人家庭为主），以初步确定居家养老服务机器人的用户需求。访谈内容与数据记录，见表 3。

在访谈的 40 位目标人群中，约 32 户家庭有 1~2 位老人，且大部分老人是空巢或独居状态，视力较差，儿女亲人探望极少。序号 1—6 的数据显示，大部分老年人比较认可居家养老的方式，不太了解居家养老服务机器人，更没用过此类机器人；对居家养老服务

表 3 居家养老服务机器人的用户需求获取（访谈法）
Tab.3 User requirements elicitation of home service robots (interviewing method)

序号	访谈问题	答案及结果		
		选项 A	选项 B	选项 C
1	您家有几位老人？	1~2 位（80%）	3~4 位（15%）	无（5%）
2	您更倾向哪种养老方式？	自己养老（35%）	由儿女或其他亲人养老（30%）	由敬老院或其他机构养老（35%）
3	您了解居家养老服务机器人吗？	了解（35%）	不太了解（40%）	完全不了解（15%）
4	您用过居家养老服务机器人吗？	使用过（5%）	没用过（95%）	
5	您更支持居家养老服务机器人哪项说法？	能减缓陪护老人的压力（45%）	能方便老人更好生活（30%）	能方便子女了解老人情况（25%）
6	您认为居家养老服务机器人哪个控制较好？	语音控制（60%）	触屏控制（25%）	按钮或遥控器控制（15%）
7	如果您选购居家养老服务机器人，您会特别关注什么？	产品外观（20%）	产品功能（45%）	产品价格（35%）
8	您有兴趣购买居家养老服务机器人吗？	有兴趣（45%）	有兴趣，但暂无打算（35%）	无兴趣（20%）
9	对于居家养老服务机器人，您认为每台定价多少元比较合理？	10 000 元以下（65%）	10 001~30 000 元（25%）	30 001 元以上（10%）
10	如果给居家养老服务机器人添加一个功能，您最希望是什么功能？（开放问题）	添加检测血压的功能；添加线上问诊；提醒吃药；添加远程视频；添加健康养生养老指南；添加一个养老云平台；方便时刻关注被护理人的身心健康		

机器人能减缓陪护老人的压力、方便老人更好生活、方便子女了解老人情况持肯定态度。序号 7—9 的数据表明,老人更关注居家养老服务机器人的功能、更倾向自然的语音交互控制;有一半老人表示有兴趣购买居家养老服务机器人,但极少数老人认为其售价在 3 万元以上比较合理。序号 10 的数据呈现,多数老人期望居家养老服务机器人具备测血压、提醒吃药、问诊远程视频、养生养老指导等功能;而被访问目标人群的子女则表示,希望有养老云平台,能方便时刻关注老人的身体健康情况。

3.1.2 用户画像

根据访谈用户的特点、行为和习惯等方面信息,概括出一个用户的全貌,用户画像见图 2。

3.1.3 Kano 模型分析需求层次

根据用户访谈和用户画像,将居家养老机器人的用户需求概括为生活管理需求、休闲娱乐需求、医疗保健需求、情感慰藉需求。应用 Kano 模型对这四类

用户需求进行层次分析,继而将生活管理需求确定为基本型需求(有用),医疗保健需求为期盼型需求(好用),休闲娱乐需求、情感慰藉需求为兴奋型需求(想用)。更具体的居家养老机器人需求多层次的内容分析,见图 3。

3.2 需求向功能转化

综上所述,根据 KANO 模型对居家养老机器人的用户需求进行了初级分层,再结合 5G 和 AI 技术进一步将其与需求分层相对应,并进行相应功能的转化。在表 4 中,“居家安全需求”从属于“基本型需求”中的“生活管理需求”,这项需求需要借助生物识别、计算机视觉等 AI 人工智能技术,对应监控、人脸识别等功能,以居家养老机器人头部的摄像头、交互屏幕等来实现。在居家养老服务机器人的需求向功能转化中,项目实践将表 4 中的各项功能进行整合,从而提取出健康监测、智能提醒、情感互动三大功能模块,它们对应为摄像头、显示屏、机械臂、滚轮和警示灯等结构部件。

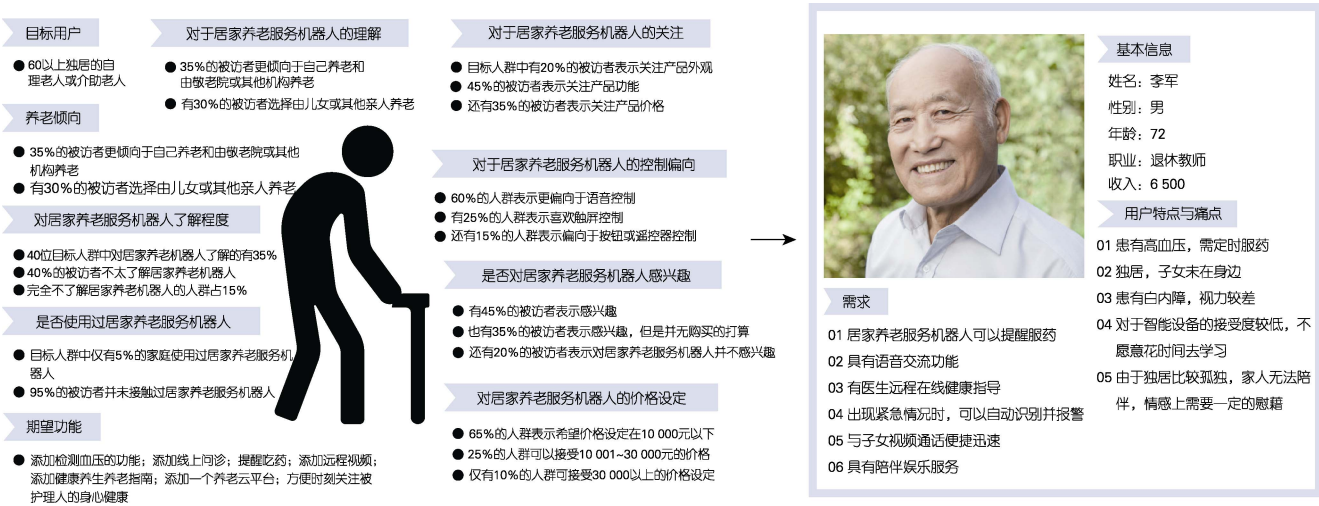


图 2 用户画像
Fig.2 User portrait

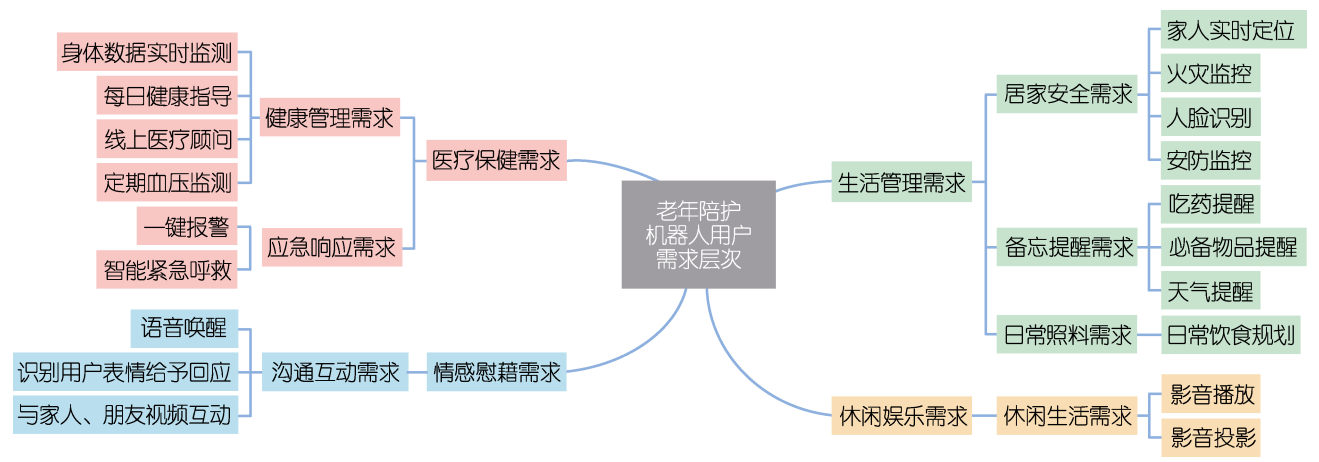


图 3 用户需求层次
Fig.3 User requirements hierarchy chart

表 4 居家养老服务机器人的需求向功能转化（示例）
Tab.4 Transformation from needs to functions of home-based elderly care service robots (examples)

KANO 模型 初级分层	二级分层	三级分层	对应功能	技术支持	结构部件实现
基本型需求	生活管理需求	居家安全需求	监控、人脸识别	AI 计算机视觉、生物特征识别	摄像头、交互屏幕
		备忘提醒需求	天气提醒	AI 云计算数据	
		日常照料需求	日常饮食规划		
	休闲娱乐需求	休闲生活需要	影音播放, 影像投影	5G 通信网络	
期盼型需求	医疗保健需求	健康管理需求	实时监测身体数据		
		应急响应需求	语音提醒	AI 语音智能提醒	测压仪、药盒
兴奋型需求	情感慰藉需求	沟通互动需求	实现沟通互动	AI+5G 多项技术	显示屏、机械臂、滚轮、警示灯

3.3 交互设计输出

以健康监测、情感互动、智能提醒三大功能模块，对居家养老家庭服务机器人的交互设计进行表述。健康监测功能主要通过摄像头、交互屏幕、测压仪等外观造型进行表达；情感互动则是通过机器人移动部件外观造型（滚轮、机械臂等），以及交互屏幕、语音、夜间警示灯等交互方式进行表达；而智能提醒主要通过机器人界面、软件界面、智能语音等方式进行表达。总而言之，交互设计输出包含居家养老服务机器人的产品外观输出、交互界面输出两个方面。

3.3.1 产品外观输出

以“健康监测”为核心功能，结合摄像头监测、大屏幕显示健康监测数据，且老人需要在坐姿状态下进行血压测量，以此进行居家养老机器人的形态推演，见图 4。为了确保血压检测数据的准确性，要充分考虑老人在屈膝静坐时能搁脚，且在平伸肘部的高度处放置测压仪，做了适合手臂弯曲度且更贴合人机交互的造型设计。

考虑到大面积鲜艳的色彩搭配，极有可能引起视觉差老年人的眼部疲劳（尤其是白内障患者）。因而，居家养老机器人的外观色彩方案，主色调采用黑白灰，辅助颜色则以极少量的亮色为搭配。最终选择了更为百搭的黑白灰色彩方案，见图 5。

3.3.2 交互界面输出

居家养老服务机器人的交互界面输出，主要为移动端程序设备、机器人头部的显示屏。通过 5G 物联网技术、5G 远程遥控通信技术，增强家庭服务机器人与智慧家居其他物件的联系，提升老人与子女之间的感情联系，如老人的子女也可在外地远程遥控机器人为老人服务。为了加强老人与家庭服务机器人之间的沟通交流，设计通过语音、触屏、体感等 AI 支持的交互方式，让老人更自然、顺畅地使用机器人为他们服务。老年用户可以根据自身的需求来选择，既可以选择语音的方式进行交互，也可以选触屏的方式进行交互。交互界面设计的信息框架见图 6，配色方案见图 7。

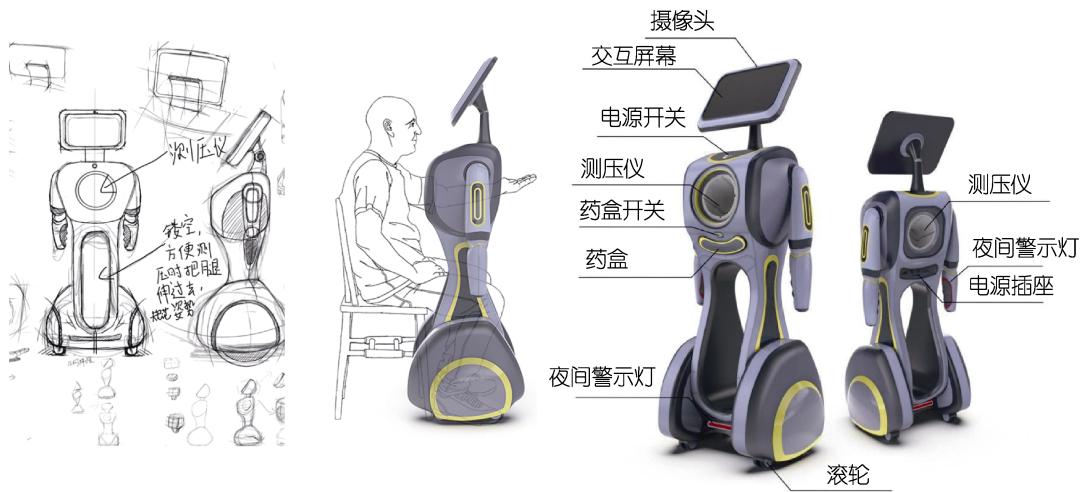


图 4 产品外观形态推演
Fig.4 Product appearance deduction

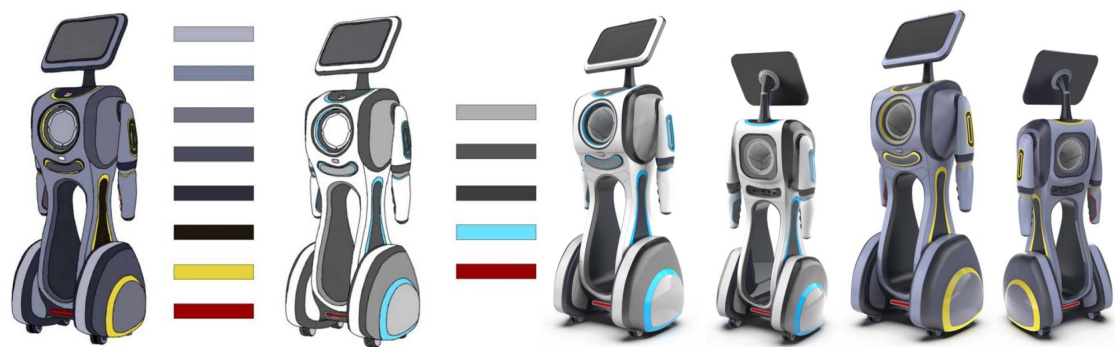


图 5 产品外观色彩方案
Fig.5 Product color scheme

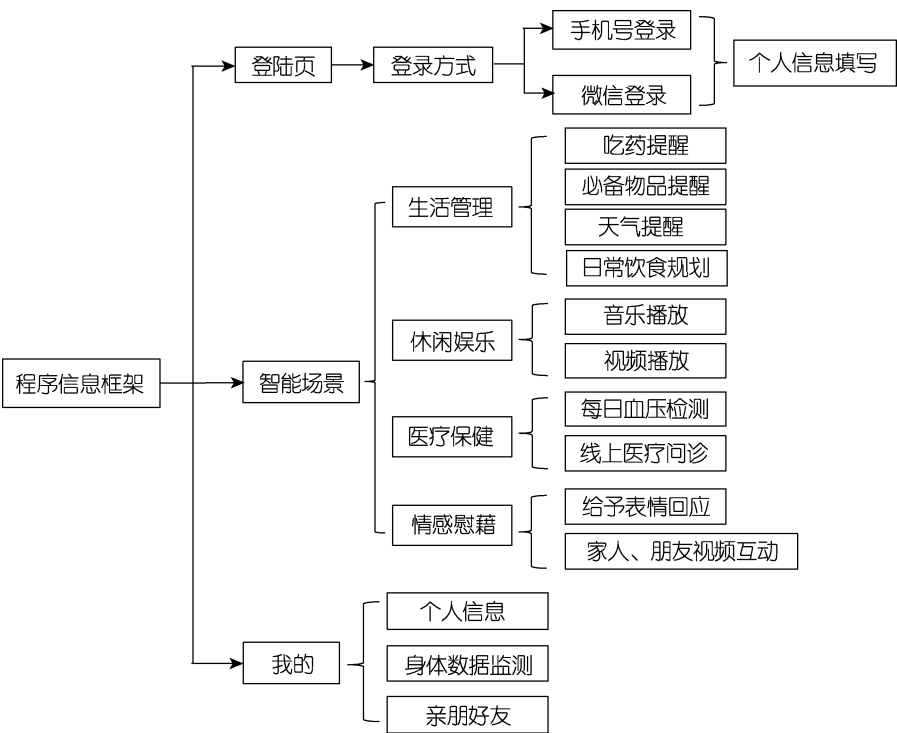


图 6 交互界面的信息框架
Fig.6 Information framework of interaction interface

界面颜色搭配

R0 G195 B253

主色

R94 G255 B63

R242 G255 B63

R254 G253 B15

R0 G255 B211

辅色

辅色

辅色

辅色

文字颜色搭配

思源黑体

主色

辅色

辅色

图 7 界面配色方案
Fig.7 Interface color scheme

基于感官交互方式的设计原则^[11],对机器人头部的显示屏予以情绪表达化的界面设计,以更进一步展现居家养老机器人的情感互动。如图 8 所示,该家庭

服务机器人通过脸部识别技术,能检测出老人脸部的表情,呈现出微笑、可爱、难过等脸部情绪。部分程序交互界面见图 9。

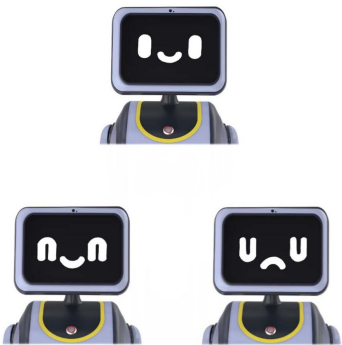


图 8 机器人面部情绪互动展示
Fig.8 Simulative emotional expression robot



图 9 程序交互界面展示
Fig.9 Interactive interface output

4 结语

5G 通信技术让家庭服务机器人与其他智慧家居产品能更好地进行无线连接,实时视频监控则更快、更可靠。多项 AI 人工智能技术可以灵活并丰富了人与家庭服务机器人的互动方式。在 5G 与 AI 技术融合下,居家养老服务机器人完成了以“智慧养老”为核心的交互设计,最终输出了居家养老机器人的外观造型设计,以及交互方式、界面设计表达。为减轻老年化社会带来的生活压力,家庭服务机器人在未来家庭中是必不可少的。本项目的交互设计实践将会对其他类型家庭服务机器人设计有一定的借鉴作用。

参考文献:

- [1] 深圳市人工智能行业协会.2021 年中国家庭服务机器人行业研究报告[R]. (2021-11-1)[2023-03-05]. <https://www.gaie.com.cn/companyfile/11/>.
- [2] 佚名.《2020 人工智能与制造业融合发展白皮书》发布[J]. 模具工业, 2021, 47(1): 6-7.
Anonymous. The White Paper on the Integration and Development of Artificial Intelligence and Manufacturing Industry in 2020 Was Released[J]. Die & Mould Industry, 2021, 47(1): 6-7.
- [3] 谭诗琪, 吕巍. 服务机器人的交互方式对消费者使用意愿的影响研究——以 AI-自我联结为中介[J]. 上海管理科学, 2022, 44(5): 39-45.
TAN Shi-qi, LYU Wei. Study on the Influence of Service Robot's Interaction Mode on Consumers' Intention to Use—With AI- Self-Connection as the Intermediary[J]. Shanghai Management Science, 2022, 44(5): 39-45.
- [4] 丁满, 袁梦娟, 白仲航, 等. 基于用户无意识行为的服务机器人交互设计[J]. 包装工程, 2018, 39(10): 91-95.
DING Man, YUAN Meng-juan, BAI Zhong-hang, et al. Unconscious Behavior[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(10): 91-95.
- [5] 蓝周华. 情景感知服务对移动政务持续使用影响研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2011.
LAN Zhou-hua. Research on the Influence of Context Awareness Service on the Sustainable Use of Mobile Government Af-Fairs[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2011.
- [6] GOODRICH M A, SCHULTZ A C. Human-Robot Interaction: A Survey[J]. Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction, 2007, 1(3): 203-275.
- [7] AGAH A. Human Interactions with Intelligent Systems: Research Taxonomy[J]. Computers & Electrical Engineering, 2000, 27(1): 71-107.
- [8] 邢妍. 服务机器人交互设计研究与应用[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2017.
XING Yan. Research and Application of Interactive Design of Service Robo[D]. Shenyang: Shenyang University of Technology, 2017.
- [9] 肖祥美. 基于情境的服务机器人交互设计研究——以银行服务场景为例[D]. 长沙: 湖南大学, 2020.
XIAO Xiang-mei. Research on Interactive Design of Service Robots Based on Context—Taking Bank Service Scenarios as an Exam-Ple[D]. Changsha: Hunan University, 2020.
- [10] 袁梦娟. 基于用户无意识行为的家庭智能服务机器人交互设计研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2017.
YUAN Meng-juan. Research on Interactive Design of Home Intelligent Service Robot Based on User's Unconscious Behavior[D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2017.
- [11] 杨慕婷. 基于感官交互方式的安防类智能家居 APP 的设计原则[J]. 科技展望, 2017, 27(7):126.
YANG Mu-ting. Design Principles for Security Smart Home Apps Based on Sensory Interaction[J]. Technology Outlook, 2017, 27(7): 126.

责任编辑: 陈作