

Research on the balance of user experience in intelligent cockpit with multimodal interaction: a collaborative design strategy based on visual, voice and tactile feedback

Zihan Chen

Geely University of China, Chengdu, Sichuan 641423

Abstract

With the rapid development of intelligent vehicles, the smart cockpit, as the core scenario for human-vehicle interaction, has seen its user experience design become a focal point in the industry. The strong support from national policies for intelligent connected vehicles, coupled with consumer demand for intelligent and personalized driving experiences, has driven the widespread application of multimodal interaction technologies in smart cockpits. However, current multimodal interaction designs in smart cockpits face the issue of unbalanced user experience, with insufficient coordination among visual, auditory, and tactile feedback, leading to reduced operational efficiency, increased fatigue, and even potential safety hazards.

Keywords

multimodal interaction, smart cockpit, user experience, visual feedback, auditory feedback, tactile feedback, collaborative design

多模态交互在智能座舱中的用户体验平衡研究 – 基于视觉、语音与触觉反馈的协同设计策略

陈梓涵

吉利学院, 中国·四川成都 641423

摘要

随着智能汽车的快速发展, 智能座舱作为人车交互的核心场景, 其用户体验设计已成为行业关注的重点。国家政策对智能网联汽车的大力支持以及消费者对智能化、个性化驾驶体验的需求, 推动了多模态交互技术在智能座舱中的广泛应用。然而, 当前智能座舱的多模态交互设计面临用户体验不平衡的问题, 视觉、语音与触觉反馈的协同性不足, 导致用户操作效率降低、疲劳感增加, 甚至可能引发安全隐患。

关键词

多模态交互, 智能座舱, 用户体验, 视觉反馈, 语音反馈, 触觉反馈, 协同设计

1 引言

本文以智能座舱中的多模态交互为研究对象, 针对用户体验不平衡问题, 提出了一种基于视觉、语音与触觉反馈的协同设计策略。通过用户行为分析、眼动追踪实验、语音交互测试以及触觉反馈感知评估, 构建了多模态交互的综合评价模型。研究重点在于探索不同模态之间的协同机制, 优化交互流程, 提升用户操作的流畅性与舒适度。具体而言, 本文从视觉信息的呈现方式、语音指令的响应效率以及触觉反馈的强度与频率三个方面入手, 设计了多模态协同交互的原型系统, 并通过用户实验验证其有效性。

研究表明, 基于协同设计策略的多模态交互系统能够显著提升用户体验, 减少用户操作中的认知负荷, 增强交互的直观性与自然性。视觉、语音与触觉反馈的协同优化不仅提高了用户的操作效率, 还降低了误操作率, 提升了驾驶安全性。这一研究成果为智能座舱的多模态交互设计提供了理论依据与实践指导, 对推动智能汽车行业的用户体验创新具有重要意义。

2 多模态交互在智能座舱中的理论基础

2.1 多模态交互的概念与特征

多模态交互是指人机之间通过两种或两种以上的感知通道(如视觉、听觉、触觉、手势等)进行信息传递与理解的交互范式^[1]。其核心理念便是模拟人类自然交流的多感官协同的一个过程, 以克服单模态交互的局限性和单一性。在智能座舱这一特定场景下, 多模态交互呈现出以下鲜明

【作者简介】陈梓涵(2004-), 女, 中国河北保定人, 本科, 从事多模态协同下的用户体验平衡机制研究。

特征:

互补性: 不同模态优势互补。视觉通道适合传递复杂、抽象、需要持久注意的信息(如导航地图、车辆状态);语音通道适合在视线受限或双手被占用的驾驶场景下完成指令输入与简单信息传递;触觉通道则因其具有天然的“侵入性”和方向性,最适合用于传递紧急警报和关键状态提示(如车道偏离预警、碰撞预警)^[2]

冗余性: 同一信息通过多个通道并行传递,用以强化

确认、提升鲁棒性和容错率。例如,在导航提示时,系统同时提供视觉箭头(AR-HUD)、语音提示“前方 300 米右转”以及方向盘右侧的轻微震动,确保关键信息被驾驶员准确接收^[8]

并行性: 用户可同时接收和处理来自不同通道的信息流,从而提升交互带宽和效率。例如,驾驶员在聆听音乐(指听觉)的同时,通过眼角余光扫视仪表盘车速(指视觉),并能感受到座椅通风的触感(指触觉)。

交互模态	信息宽带	认知负荷	优势场景	局限性
视觉	高	高	呈现复杂信息、空间定位	容易分心、受环境光影响
语音	中	低	解放双手、直接	受环境噪音干扰、隐私性差
触觉	低	极低	即时警报、方向指引	信息承载量有限
手势	中	中	交互直观	学习成本高、容易误触

2.2 用户体验平衡的理论框架

智能座舱中的用户体验是一个多维度的复杂构成,其平衡并非指各维度均等,而是在特定场景下找到安全、效率、舒适与情感满足的最佳契合点。本文构建一个以“安全”为基石,“效率”为支柱,“情感”为升华的三角平衡框架。

安全: 是智能座舱交互设计的绝对红线和基石。任何交互体验的提升都不能以牺牲安全为代价。多模态设计必须优先确保驾驶员的认知负荷不被过度占用,关键警示信息能被及时、准确地感知^[7]

情感: 超越功能层面,满足用户的情感与社交需求。它包括品牌的温度、交互的乐趣、个性化的满足以及沉浸式的氛围营造^[3]。例如,拟人化的语音小助手、和场景相契合的氛围灯和音效,都能显著提升情感的体验。

效率: 指完成任务的速度和准确性。多模态应致力于简化操作流程,减少操作步骤和注视时间,使驾驶员能够快速获取信息并执行操作,从而将主要注意力保持在驾驶任务上。

3 智能座舱中多模态交互的现状与挑战

3.1 现有技术应用与用户行为分析

当前,智能座舱多模态技术呈现“发展不均衡、融合度浅”的特征。视觉交互方面,大屏、多屏已成为标配,UI/UX 设计日益精致,但信息过载、层级过深导致的“找功能难”问题突出;基于 DMS(驾驶员监测系统)的视觉交互正逐步普及,用于疲劳驾驶预警和注意力追踪。

用户行为分析揭示了现有设计的诸多痛点。一项调研显示^[6]

模态冲突: 68% 的用户经历过“导航语音提示打断正在播放的音乐或播客”,造成体验割裂。

认知过载: 中控屏功能入口混乱,为寻找一个不常用功能,用户平均需要 7 秒以上的视线偏离时间,远超驾驶安全要求的 2 秒标准

反馈错位: 35% 的用户认为某些非关键通知使用了过

于突兀的提示音或震动,反而干扰了驾驶注意力。

3.2 多模态协同设计的挑战

实现真正的多模态协同,而非简单堆叠,面临三大核心挑战:

1. **模态竞争与干扰挑战:** 当多个模态同时输出信息时,会竞争用户有限的注意力资源,可能导致关键信息被覆盖。如何设计让动态决定在特定情境下哪个模态为主、哪个为辅、何时需要冗余提示,是首要难题。

2. **情境感知的复杂性挑战:** 协同策略的有效性高度依赖于对车内外情境的精准感知。这包括:驾驶状态(高速、拥堵、泊车)、驾驶员状态(比如专注、疲劳、分心)、车内环境(是否有乘客、昼夜情况)以及车外环境(天气、路况)。

3. **个性化与一致性的平衡挑战:** 用户对模态的偏好各不相同(如有人偏爱语音,有人偏爱触屏)。系统需要在允许用户自定义的同时,保持一套跨场景、跨功能的基本交互逻辑的一致性,避免用户因逻辑混乱而产生学习成本和误操作^[9]。

4 基于协同设计的用户体验优化策略

4.1 视觉 - 语音 - 触觉的协同设计方法

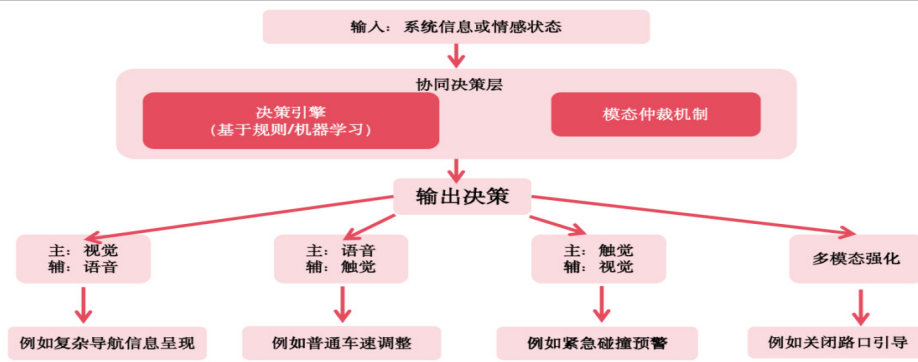
为解决上述挑战,本文提出一个三层协同设计模型:

协同决策层(战略层): 它接收所有需要提示的信息和情境状态数据,并依据一套预设的“交互逻辑”进行决策。这套逻辑的核心是优先级管理

安全最高: 涉及车辆控制和安全警报的信息(如 AEB 激活、胎压异常)拥有绝对优先权,必须优先使用触觉+视觉(强警示颜色)的冗余方式强制传递。

效率次之: 导航、车速等关键驾驶信息,采用动态组合。复杂信息(如路口放大图)以视觉为主;简单状态变化(如限速提示)以语音为主。

情感补充: 娱乐、舒适性功能调节,则优先采用非侵入式的模态,如手势、轻触或用户预设的偏好模态,避免打断主任务。



(视觉 - 语音 - 触觉三层协同设计模型)

信息表达层（战术层）：在确定了模态组合后，需要对每个模态的信息表达进行精细化设计，确保跨模态的一致性。例如，一个“左侧有危险”的警告，应该在所有模态上传递统一的“左”的概念：

视觉：在左侧仪表区域显示红色警示图标

语音：播放“注意左侧”的提示音。

触觉：在方向盘的左侧或驾驶座左侧提供脉冲震动。

这种能够极大降低用户的认知转换成本，形成条件反射，缩短用户的反应时间。

情感化容错层（体验层）：技术不可能 100% 准确，良好的体验需要包容错误。当语音识别失败时，系统不应生硬地回答“我没听懂”，而是可以采用更人性化的方式，如“您是说想听抒情的歌吗？”或者在触摸屏上主动弹出可能选项。

触觉反馈不应是生硬的“嗡”一声，而可以通过震动的强度、节奏和位置来传递不同的情绪，如轻柔的震动表示提醒，强烈而急促的脉冲则表示严重警告。

4.2 用户个性化与情境适配优化

协同策略必须是动态和智能的，以适应不同的人 and 不同的场景 用户个性化适配：

显性个性化：提供设置界面，允许用户自定义某些交互偏好，如关闭语音播报、调节震动强度、选择语音助手的声音风格等。

隐性个性化：系统通过持续学习用户习惯，自动调整交互策略。例如，如果系统发现用户总是手动关闭自动启停功能，那么下次启动车辆时，它可以主动在屏幕上提示“是否要关闭自动启停？”，而非自动开启^[13]。基于多模态情感识别^[12]，系统还能感知驾驶员情绪（如紧张、疲劳），并主动调整交互模式，如在其疲劳时播放激昂的音乐或加强座椅通风。

5 结论与展望

本文系统论述了智能座舱中多模态交互面临的用户体验平衡问题。研究表明，提升体验的关键不在于无限增加模态或功能，而在于如何智慧地协同视觉、语音、触觉等现

有模态，使其在精准的情境感知和深入的个性理解的驱动下，形成一个有机整体。

未来，智能座舱多模态交互的发展将呈现以下趋势：首先，大模型技术的融入将极大提升语音交互的自然语言理解和上下文推理能力，使其真正成为“智能助理”，而非简单“指令接收器”。其次，舱内感知融合将进一步深入，通过 DMS、OMS(乘客监测系统)和生物传感器，更精准地把握驾乘人员的状态和意图，实现从“人适应车”到“车适应人”的根本转变。最后，交互的边界将被打破，座舱内的多模态交互将与车外 V2X 技术、用户的个人设备(手机、智能家居)无缝衔接，构建一个“车内-车外”一体化的连续体验生态^[4]。

最终，成功的智能座舱交互设计，将是那个让人几乎感觉不到技术存在，却能自然、高效、安全地满足需求，甚至带来愉悦和惊喜的设计。它不再是一场技术的炫技，而是一场真正围绕“人”展开的、温暖细腻的体验之旅。

参考文献

- [1] 陈锦霞,王瀚增,赵月. 对标分析驱动下智能汽车座舱多模交互技术发展分析与趋势预见[J].汽车维修技师,2025,(08):9-10.
- [2] 朱亮江. 智能网联汽车多模态融合感知技术演进与全球化应用实践[J].汽车维护与修理,2025,(15):107-109.
- [3] 张煜焄. 基于技术可供性理论的智能汽车交互关系研究[J].华东科技,2025,(06):131-133.
- [4] 杨蕙雯. 基于用户体验的智能汽车人机交互界面信息可视化设计研究[J].中国战略新兴产业,2025,(09):82-84.
- [5] 李文博.面向汽车智能座舱的驾驶员情绪行为影响、识别与调节方法研究[D].重庆大学,2021.
- [6] 张宇.场景体验视域下智能座舱多模态交互设计研究[D].江南大学,2024.
- [7] 殷俊.多模态视角下智能座舱的人机交互及虚拟演示[D].桂林电子科技大学,2024.
- [8] 盖森.面向智能汽车中控HMI的主动交互设计研究[D].北京工业大学,2024.
- [9] 刘卿.基于多模态特征提取和偏好信息增强的个性化商品预测研究[D].齐鲁工业大学,2024.