

车辆人机交互设计虚拟评价系统构建与应用

孙远波, 董一辰, 高若琳, 孙博文, 闫海伟, 李歌, 任光祺
(北京理工大学, 北京 100081)

摘要: **目的** 利用虚拟现实技术对车辆人机交互设计方案进行评价, 以提高交互设计过程中的迭代效率并减少资金的投入。**方法** 以真人与虚拟车辆交互设计方案进行交互, 同时用测试设备采集人的视频、音频、眼动轨迹、皮肤电、脑电、脑红外等数据和信息, 并进行数据分析和设计方案评价。**结论** 基于虚拟现实技术对车辆人机交互方案进行设计过程前期的评价是必要的和可行的, 虚拟评价系统会随着虚拟现实和人机交互技术的发展逐步完善。

关键词: 车辆人机交互; 评价系统; 虚拟现实

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)02-0017-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.02.003

Construction and Application of Virtual Evaluation System for Vehicle Human-Machine Interaction Design

SUN Yuan-bo, DONG Yi-chen, GAO Ruo-lin, SUN Bo-wen, YAN Hai-wei, LI Ge, REN Guang-qi
(Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

ABSTRACT: The work aims to evaluate the vehicle human-machine interaction design scheme with the virtual reality technology to improve the iterative efficiency and reduce capital investment in the interaction design process. The real person interacted with the virtual vehicle interaction design scheme, and simultaneously the test equipment was used to collect such data and information as the person's video, audio, eye movement track, skin electricity, brain electricity, brain infrared spectrum, etc., and the data analysis and design scheme evaluation were conducted. It is necessary and feasible to evaluate the vehicle human-machine interaction scheme in the early stage based on virtual reality technology. The virtual evaluation system will be gradually improved with the development of virtual reality and human-machine interaction technology.

KEY WORDS: human-machine interaction of vehicle; evaluation system; virtual reality

随着汽车逐渐成为移动的信息终端以及自动驾驶、新能源等技术的应用, 人、车、环境和车联网的交互关系以及用户体验成为研究的热点, 这就需要不断创新的人机交互设计方案。交互设计的评价是人机交互方案设计和迭代的关键环节。传统的评价方式主要是制作出实体样机, 然后进行真人的用户测试, 但这种方式作为方案论证阶段的评价手段, 会存在周期长、费用高的问题。虚拟现实技术和测试技术的发展, 使车辆人机交互设计虚拟评价系统的构建与应用成为可能。对车辆人机交互设计虚拟评价系统的平台搭建、交互手段及测试工具的整合上, 已有了一定的研

究^[1-3], 但缺乏系统性的分析及实际测试。本研究基于对虚拟现实技术及人机交互评价方法的研究和分析, 构建初步的虚拟评价平台并进行相对简单的测试, 探索存在的问题和解决途径。

1 系统技术可行性研究

在车辆人机交互领域应用体感或脑电等交互技术, 相关研究人员已有了一定的探索。谭浩等人设计出了一套基础性三维手势与配套的车载交互系统产品^[4]; Tenghuan He 等人利用脑电作为控制车载交

互界面的手段，证明了其在车辆人机交互中应用的可行性^[5]。然而，此类研究在可用性评价上存在一些问题：其交互系统的验证环境，多基于驾驶模拟器或静止实车内。实验出于对被试安全性、交互真实性等因素的考虑，而未将用户在执行驾驶任务或遇到突发事件等特殊情景下的交互可用性纳入研究范畴，因此，可以应用虚拟现实技术统合交互

原型及环境，来改进人机交互评价系统，另外将交互原型编程至虚拟环境下，也可有效减少产品的设计周期与成本。车辆人机交互方式在虚拟环境下的实现方式，见表 1，罗列了大部分的车辆人机交互方式均可在虚拟环境中与用户进行交互，因此，利用虚拟现实技术构建车辆人机交互设计评价系统是可行的。

表 1 车辆人机交互方式在虚拟环境下的实现方式
Tab.1 The realization form of vehicle human-machine interaction in virtual environment

车辆人机交互方式	车辆人机交互媒介	虚拟环境交互实现设备
物理触发器	方向盘及物理按钮	模拟方向盘组件、控制手柄、触感手套和仿真按钮
触屏手势交互	触摸屏	控制手柄、触感手套、触摸屏
语音交互	语音命令	语音收集器
体感交互	手势及肢体动作	触感手套、体感控制器
脑电交互	脑机接口	相关设备

在虚拟现实系统种类选择上：人因交互研究中以驾驶模拟器为首的桌面式虚拟现实系统，虽然普及率高但是交互真实感差。Nobuyuki Uchida 等人的实验，则证明了增强现实型虚拟现实技术在车辆人因学科领域的研究中具有发展潜力^[1]，但此系统受研究环境的限制，应用领域较为局限。另外，沉浸式虚拟现实系统通过头盔显示器以及其他设备在一个封闭空间中来为用户展示虚拟场景^[6]，将用户的视觉、听觉与触觉封闭在同一空间下，具有优于其他虚拟现实系统的沉浸感且不受场地限制，可运用于虚拟交互平台的构建。而关于此系统的人机交互设备，Daniele Sportillo 等人分析了被试在使用真实方向盘以及 6 自由度手柄间的交互差异性，得出了驾驶模拟器硬件在满足用户交互真实感上，优于 VR 控制手柄的结论^[2]。Garrett Weinberg 和 Bret Harsham 则利用方向盘、桌面式虚拟现实系统及眼动追踪装置，搭建了低成本的人机交互评价平台^[3]，证明了构建虚拟现实人机交互评价系统的可行性。结合上述研究，本次系统设计采用沉浸式虚拟现实系统并配合力反馈方向盘组件作为系统硬件平台。

如果车辆人机交互设计可用性评价仍以任务效能评测、用户访谈等主观定性分析为主，则缺乏客观数据的支持与验证，评价结果易出现主观偏差，并且用户的回答会受到社会期望等因素的影响，因此在评价研究中收集人体生理、心理反应数据，来辅助验证设计原型的可用性，是一种有效的研究手段。需要综合眼动追踪、行为观察记录分析、皮肤电传导、神经影像等评价方法，同步记录被试各项生理与心理参数作为评价指标。

2 系统设计整合

构建汽车人机交互可用性的综合评价系统，结合人机交互评价规范可以得出系统子层次目标为易用性、安全性以及快捷性^[7]。

2.1 虚拟交互平台硬件设计

选用沉浸式虚拟现实系统作为呈现的硬件平台，使用内置 Senso Motoric Instruments (SMI) 眼动追踪仪的 HTC Vive 头盔显示器、罗技 (Logitech) 公司的力反馈方向盘组件 Logitech G27、Playseat Sensation Pro 座椅、飞宇公司的五路同步器、BIOPAC MP150 型 16 通道生理信号记录仪以及配套的 EDA100C 型皮肤电反应放大器。系统设计所选用的部分硬件设备见图 1。

2.2 虚拟交互平台软件设计

选用由 WorldViz 公司所开发的 Vizard 引擎作为软件开发平台，此引擎将复杂三维图形功能进行了封装，并提供了可视化界面给用户进行编程，易于开发者使用。另外，此软件可以在整合眼动注视点、皮肤电传导、心率等数据时，通过编写相关程序来进行数据的同步采集。

交互实验所使用的界面，是在传统车载信息架构与界面逻辑等方面进行过优化的设计原型。界面设计见图 2。

为了将交互原型文件编写至脚本内，需要利用 ST 坐标系来标记模型。对交互面板三维模型表面上的每个点赋予对应的 ST 坐标值，将材质贴到模型表面。



图 1 系统设计所选用的硬件设备
Fig.1 The hardware equipment selected for system design



图 2 界面设计
Fig.2 UI design

2.3 测试设备

2.3.1 眼动追踪

选用的眼动追踪设备为 HTC Vive 头盔显示器内置的 SMI 眼动追踪装置，眼动参数为以下 3 类^[8]。

注视轨迹：可以帮助研究人员理解屏幕上哪些区域引起了用户注意以及阅览的顺序，其展示了被试在实验中的眼睛注视点的移动路径。注视轨迹可以观察用户在实验过程中对交互原型内容的认知习惯^[9]。

逆向移动：表示用户对交互系统产生了困惑，其主要用来研究用户对交互原型的认知深度。

注视持续时间：较长的注视持续时间可以说明用户对部分界面内容产生了兴趣，并希望与其互动，可以配合客观绩效来分析交互原型的安全性。

行为观察记录分析：眼动追踪提供的数据价值有

限，但通过与有声思维法一并使用，即可得到有价值的信息^[8]。记录实验过程中被试的肢体动作，可以用于有声思维分析来了解用户对交互原型易用性的看法。

2.3.2 皮肤电传导

皮肤电活动与人类自身的紧张、兴奋、沮丧、恐惧等情绪有关，在需要吸引或集中用户注意力的任务中，常使用皮肤电反应设备^[9]。利用皮肤电反应所收集的数据，为用户何时对交互原型产生沮丧情感以及出现突发事件时用户何时受到刺激。

为了保证测量时各项数据记录的同时性，本系统采用了五路同步器来统一各实验设备采集数据的起始时间。

整合的车辆人机交互设计虚拟评价系统拓扑图，见图 3。

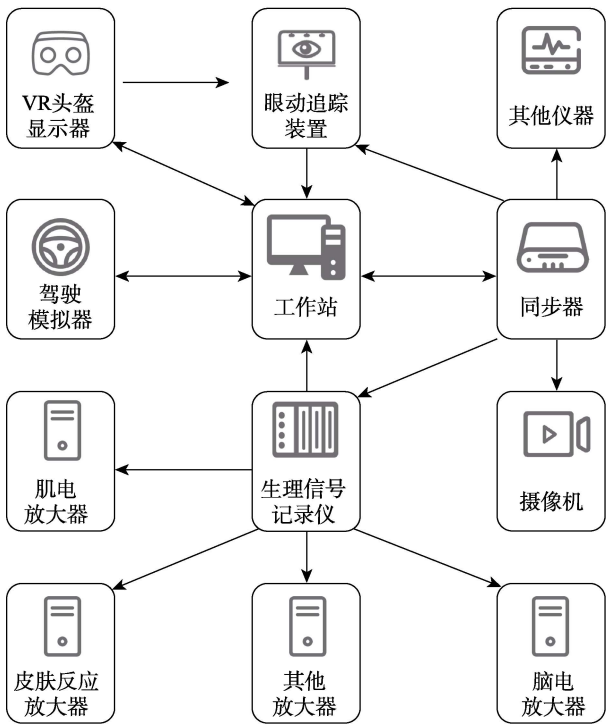


图 3 系统拓扑图
Fig.3 Topological graph of system

3 实验设计

3.1 实验目的

实验目的为测试所构建的虚拟车辆人机交互设计评价系统的可用性，即采集在虚拟系统中，用户对人机交互界面原型进行操作、执行相关任务及遇到突发事件后（用户进行交互体验时在汽车前端附近坠落小球体），所生成的各项数据。

3.2 实验准备

实验选择的环境为实验室环境。为了保证皮肤电反应数据的准确性，将室内温度控制在 26℃。实验

所用虚拟现实设备以及测试设备如上文所述。

实验被试选择标准为：需具有车载信息系统交互使用经验，并且其双眼裸眼视力或矫正视力均正常，且无色盲和色弱。

3.3 实验过程

各被试依次进行实验并记录各组数据，系统测试见图 4。



图 4 系统测试
Fig.4 System in testing progress

实验步骤为：（1）邀请被试进入实验环境；（2）向被试说明并使其理解交互任务及实验步骤（为保证实验数据的可靠性，无需告知其会出现突发事件）；（3）将各实验设备与被试关联，让被试配合工作人员校正设备相关参数，并为其提供相关实验脚本进行练习；（4）练习实验，被试需要在虚拟环境内的众多物体中寻找指定物体；（5）练习结束后即可开始正式测试，被试需要在虚拟汽车内与中控触屏进行互动，寻找到菜单栏中的音乐选项并选择指定的歌曲进行播放，让用户驾驶车辆在街道上行驶，在用户遇到突发情况后结束实验。

3.4 实验数据采集

实验所收集的数据根据任务的不同可分为两组。

第一组：在被试与车载信息系统进行交互体验时，被试在搜寻音乐文件的步骤上产生了困惑。其眼动与皮肤电反应原始数据见图 5—6。

第二组：当遇到突发事件后，由图 7 的眼动轨迹图可以得知，被试注意力很快被坠落物所吸引，其产生的皮肤电信号见图 8。



图 5 被试注视轨迹
Fig.5 Gaze plot of participant

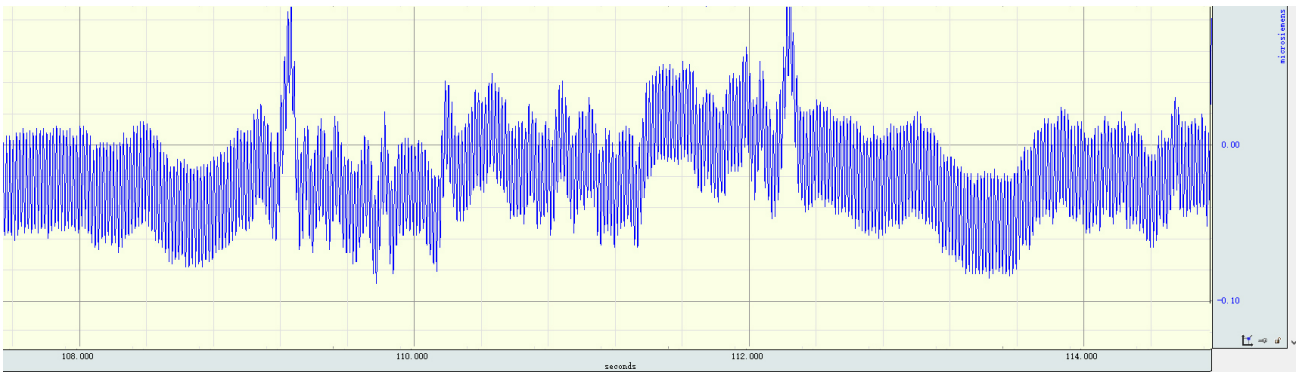


图 6 被试皮肤电反应数据
Fig.6 EDA of participant

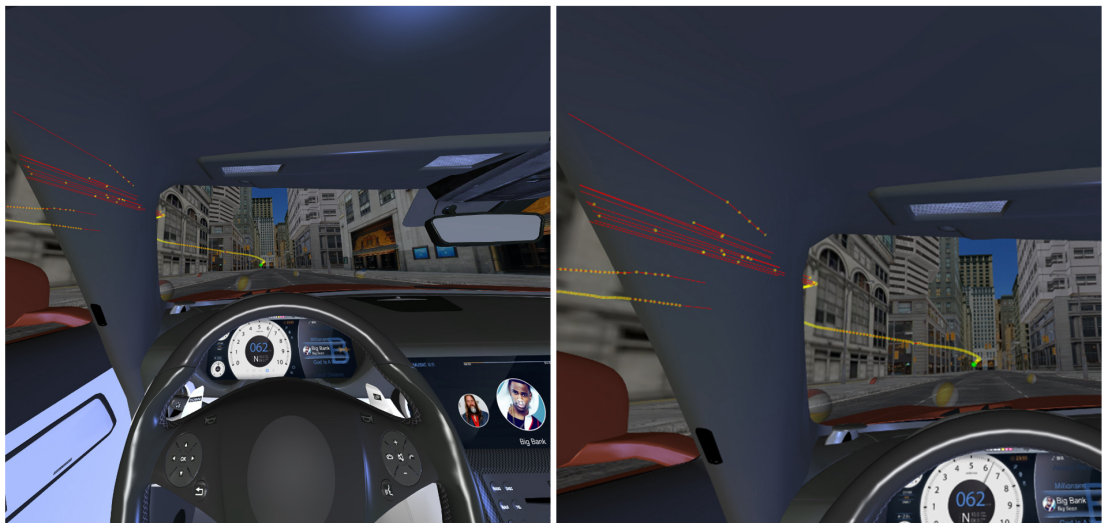


图 7 突发事件注视轨迹
Fig.7 Gaze plot of emergency situation

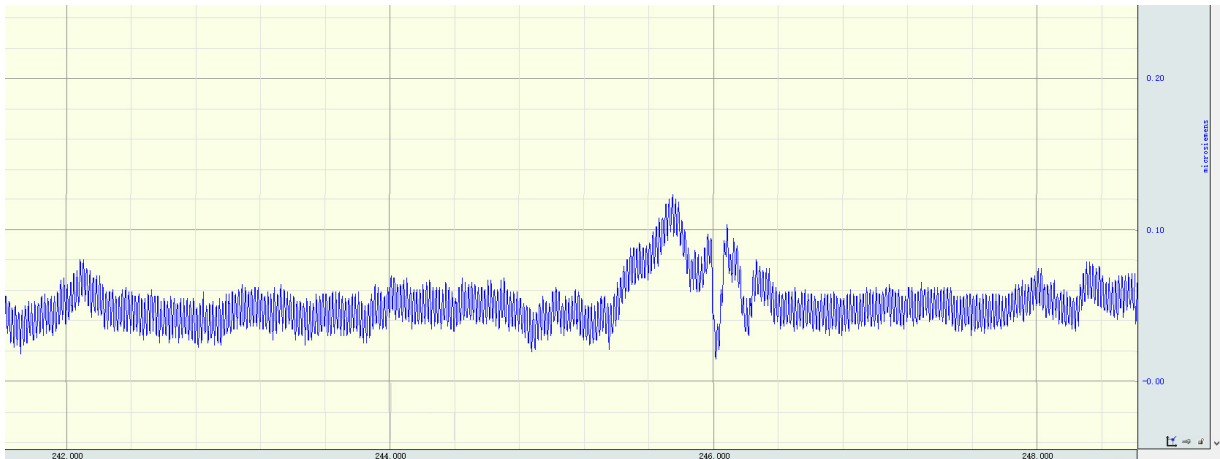


图 8 突发事件皮肤电反应
Fig.8 EDA of emergency situation

4 结语

基于沉浸式虚拟现实技术构建的车辆人机交互设计评价系统，可以完成视频、眼动轨迹和皮肤电的测试，结合主观评价，已经可以对车辆人机交互设计方案进行初步的评价。系统的资金投入主要是购置虚拟呈现设备、数据手套等交互装置和软件，是一次性投入；软件开发占用大部分的时间。相较于传统的应用样机进行车辆人机交互设计评价，该系统具有资金投入低、迭代效率高的特点。与单纯驾驶模拟器方式的评价系统相比，又具有沉浸感强的优点。另外，系统还存在需要解决的问题：（1）程序编写对非专业人员还存在一定的难度；（2）测试设备问题，如眼动追踪仪不能确定深度问题；（3）触屏操作仅有声音及图像反馈，没有触觉反馈；（4）部分用户在体验虚拟交互界面时产生的晕动症。这些问题会随着交互技术的发展和虚拟现实引擎的优化而得到解决。由此可见，构建车辆虚拟人机交互设计评价系统是必要和可行的。

参考文献：

[1] UCHIDA N, TAGAWA T, SATO K. Development of an Augmented Reality Vehicle for Driver Performance Evaluation[J]. Intelligent Transactions Transportation Systems Magazine, 2017(Spring): 35—41.

[2] SPORTILLO D, PALJIC A, BOUKHRIS M, et al. An Immersive Virtual Reality System for Semi-autonomous Driving Simulation: a Comparison between Realistic and 6-DoF Controller-based Interaction[C]. Sydney: Proceedings of the 9th International Conference on Computer and Automation Engineering(ICCAE'17), 2017.

[3] WEINBERG G, HARSHAM B. Developing a Low-cost Driving Simulator for the Evaluation of In-vehicle Technologies[C]. Essen: Proceedings of the First International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, 2009.

[4] 谭浩, 李薇, 谭征宇. 车载信息系统三维手势交互[J]. 包装工程, 2015, 36(18): 45—48.

- TAN Hao, LI Wei, TAN Zheng-yu. 3D Gesture Interaction Product Design of Vehicle Information System[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(18): 45—48.
- [5] HE Teng-huan, BI Lu-zheng, LIAN Jing-ling, et al. A Brain Signal-Based Interface between Drivers and In-vehicle Devices[C]. Gothenburg: Proceedings of 2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2016.
- [6] 金若梅. 基于虚拟现实的汽车驾驶模拟系统的设计与实现[D]. 南京: 东南大学, 2015.
- JIN Ruo-mei. Design and Implementation of Vehicle Driving Simulation System Based on Virtual Reality[D]. Nanjing: Southeast University, 2015.
- [7] 裴小丽. 汽车人机交互可用性评估规范研究[J]. 汽车实用技术, 2017(15): 198—201.
- PEI Xiao-li. Research on Evaluation Criterion of Vehicle Man-machine Interaction Usability[J]. Automobile Applied Technology, 2017(15): 198—201.
- [8] BERGSTROM R J, SCHALL J A. 眼动追踪: 用户体验设计利器[M]. 北京: 电子工业出版社, 2015.
- BERGSTROM R J, SCHALL J A. Eye Tracking in User Experience Design[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2015.
- [9] 谭浩, 魏旭一, 孙家豪, 等. 基于生理电的移动网页时延对体检质量的影响[J]. 包装工程, 2018, 39(14): 77—81.
- TAN Hao, WEI Xu-yi, SUN Jia-hao, et al. Impact of Response Latency on User QoE in Mobile Web Browsing[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(14): 77—81.