

汽车手势交互设计研究

景春晖¹, 张晶¹, 邓椿山²

(1.四川大学, 成都 610065; 2.成都十力教育科技有限公司, 成都 610065)

摘要: **目的** 汽车手势交互是一个较新的交互设计领域, 目前国内外都还缺乏与其相关的整体性研究。将现有的汽车交互设计研究加以总结, 从而为后续的汽车手势交互设计研究与实践提供指导。**方法** 研究以理论综述和案例交叉的方式, 介绍了手势交互与汽车手势交互的产生背景和意义, 汽车手势交互的设计特征, 以及汽车手势交互的设计原则和设计方法。**结论** 最终指出了良好的汽车手势交互设计需要注意用户需求与技术的平衡。以上研究对于汽车手势设计乃至创新交互设计具有指导性和前瞻性的意义。

关键词: 手势设计; 汽车交互; 用户行为; 用户需求

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)08-0074-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.08.016

Vehicle Gesture Interaction Design

JING Chun-hui¹, ZHANG Jing¹, DENG Chun-shan²

(1.Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2.Chengdu Shili Education Technology Co., Ltd., Chengdu 610065, China)

ABSTRACT: Vehicle gesture interaction is a new field of interactive design where is still lack of related research at home and abroad. It summarizes the existing vehicle interactive design research, so as to guide the follow-up car gesture interaction design research and practice. The background and significance of the interaction between gesture interaction and vehicle gesture interaction is introduced based on the theory review and case, the design features, the design principles and the design methods of vehicle gesture interaction are summarized. Finally, it is pointed out that the design of a car gesture interaction needs to pay attention to the balance between user needs and technology. The above research has a guiding and forward-looking significance for the design of car gestures and even innovative interaction design.

KEY WORDS: gesture design; vehicle interaction; user behavior; user needs

手势一直是人机交互的重要组成部分, 它与语言一样属于人类自然的交互方式^[1]。尤其在某些特殊情境中, 如语言不通的人互相交流, 与聋人或者在水下沟通时, 手势就成为了首要的沟通通道。近年来, 手势交互产品不断涌现, 如任天堂 Wii 和微软 Kinect 等已经彻底地改变了传统游戏的交互方式, 这些设备能够识别常见的手势和身体姿势, 用户不必再去学习鼠标和命令等复杂的交互控制工具与方法, 而是与现实生活中一样的简单的通过执行动作来进行交互。

汽车作为深入人类生活但互联网化程度较低的空间之一, 为交互设计提供了挑战和机会。近年来传感器和显示技术的进步, 以及移动互联和云存储等使得汽车相关移动应用不断丰富。这些应用满足了用户的功能和娱乐需求, 但同时也对驾驶员的注意力产生了影响^[2]。事实上, 尽管车内应用数量还远远没有饱和, 但车载交互设备的数量已经快速地达到了上限, 特别是大量的传统输入方式如旋钮、按钮和把手等, 已经达到了驾驶者能承受的极限^[3]。这时作为另一个

收稿日期: 2018-01-03

基金项目: 四川省哲学社会科学重点研究基地-现代设计与文化研究中心课题 (MD16E004); 四川省工业设计产业研究中心开放课题 (GY-16YB-11); 四川大学青年教师科研启动基金 (2082604194264);

作者简介: 景春晖 (1986—), 男, 河北人, 博士, 四川大学讲师, 主要从事交互设计与用户体验方面的研究。

通道的手势交互就应运而生，如宝马 Idrive 采用手势控制驾驶中的接打电话和音乐播放服务，以及很多车型采用的脚部姿势开启后备箱车门等。然而当前的汽车手势设计往往缺乏系统性的研究，存在着很多可用性和安全性问题。

Donald Norman 曾说过：“良好的行为都是出自于谨慎的设计，而不是来自于说明书的蛮横规定和警告^[4]”。汽车手势交互属于新兴的行为设计门类，具有巨大的发展潜力。然而尽管手势产品在不断推出，但国内和国际上对汽车手势交互的设计研究都还较少，因此，本文准备综合国内外关于汽车手势交互设计的研究，对其设计原则和方法等进行剖析。

1 手势交互与汽车手势交互

研究者们一直在探寻新的交互界面，使驾驶员在驾驶车辆时能够顺畅交互而不增加认知负荷^[5]。然而根据 Wahl H 等人的研究，交互界面是随着技术与用户关系的演变，在前工业时代和机器时代后的计算机时代才开始产生的，目的是为了沟通技术与用户^[6]，见图 1。在即将到来的环境交互时代，为了更有效的沟通技术与用户，传统的靠显示器和键盘等进行沟通的用户界面，成为了影响交互效率和效果的壁垒，有可能会被消除掉。环境交互时代需要不借助第三者就能将技术和用户链接起来的交互方式。手势作为人们与生俱来的一种自然交互方式，不依赖界面等第三方设备，能够最大限度地减少认知和视觉沟通成本^[7]，在环境交互时代具有巨大的发展潜力。

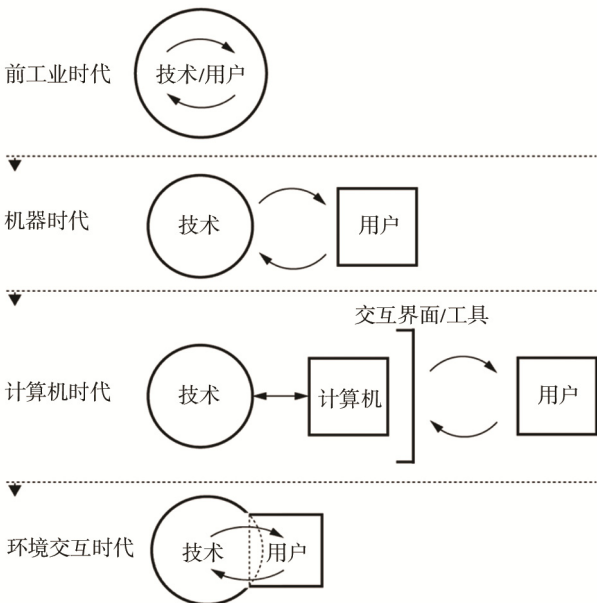


图 1 交互界面的发展阶段

Fig.1 The development phase of the interface

现代汽车的驾驶是一个复杂的任务。司机必须不断观察前方后方的道路和观察各种不同位置的仪表

来获取车辆状态监控；操作众多的电子和机械装置来控制车辆与系统任务，如空调、GPS 和音频娱乐等。他们还必须应对各种随机发生的分心驾驶任务，如电话响起或与乘客交谈等。驾驶者必须同时处理所有的数据，以及判断每一个输入的重要性和优先级，因此，安全和降低认知负荷是所有汽车交互需要考虑的首要问题。手势交互相对传统的视觉交互方式可以让驾驶员的视觉注意保持在驾驶任务上^[8]。Geiger 等人在研究中发现，相对触觉交互，手势交互可以有效地降低驾驶员分心^[9]，因此，一系列研究都尝试着将手势带入汽车设计中^[10-11]。

传统的手势交互需要操作者佩戴数据手套或者 RFID 标签等辅助识别器材，然而让驾驶员在日常驾驶任务中佩戴数据手套等进行操作显然是不切实际的，因此相对于传统的需要借助于数据手套等设备的手势应用，不需要用户佩戴任何附加设备的自由手势目前得到了更多的关注。自由手势利用传感器或者摄像头等对手部动作进行捕捉分析，作为一种全新的输入方式，更能唤起用户的积极情感。同时，自由手势基于用户本能易于学习，需要相对较少的视觉和触觉关注，符合交互设计基本的易用性原则。

从手势的工作部位来看，自由手势可以分为主要关注手指运动的微手势^[12]，以及将整只手作为手势表达对象的全手势^[13]。从手势的时间属性来看，也可以分为主要利用静止的手部姿势进行表达的静态手势，以及利用手部运动进行表达的动态手势^[14]。由于车内环境较为颠簸，车内用户注意力不够集中，汽车交互手势主要采用全手势。静态手势主要依靠对手指的形状和角度变化进行区分，如 Microsoft 的车载娱乐信息手势控制系统，见图 2，食指抵住嘴唇表示调低手机外放音量，手张成喇叭状表示使用手机拨打电话，类似思考着的攥下巴动作则表示“我想检索信息”，而

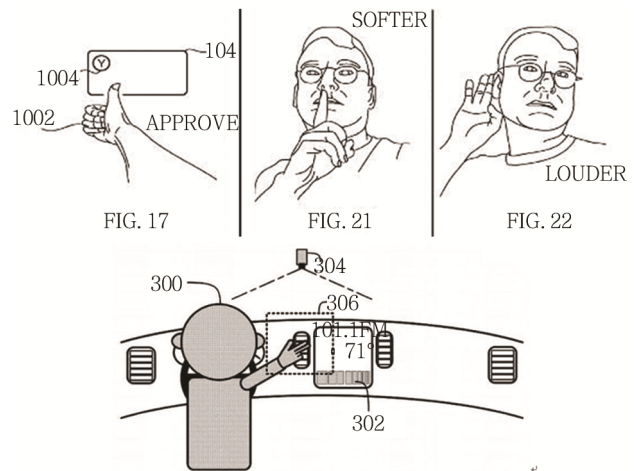


图 2 Microsoft 和 Google 的汽车手势交互设计
Fig.2 Microsoft and Google's automotive gesture interaction design

点赞动作代表“同意”操作。而动态手势主要依靠表现手的轨迹和方向进行信息传递,如 Google 的汽车手势控制系统,如图 2,在窗户附近的区域内做出扫手的动作汽车会根据手势幅度决定车窗打开的程度,在汽车仪表盘前扭动手腕就可以打开空调或收音机等。

2 汽车手势交互特征

由于传统的按钮/旋钮等难以承载越发复杂和灵活的交互内容,触控屏成为当前最流行的车内交互承载平台。然而对于基于触摸的人车交互系统,研究表明触摸会显著地影响驾驶员的注意力^[15]。而且触控交互也容易在精度上受到影响,如手指肥厚导致的“胖手指”问题^[16],就难以进行较为精细或者图标较为细密的操作。另外有研究将多点触控装置安放在方向盘上,实验得出这比传统的中控布置的 UI 系统对于驾驶员的影响更少,但 Andreas Riener 认为这仅仅是因为其位置更便于驾驶员的视线观察,只是驾驶员调整身体和头部姿势的时间减少了,而不是说明触摸交互本身的易用性调高了,因此,不依赖附加设备的手势识别技术比起笨重的穿戴式识别技术占用驾驶者更少的注意力,也更为安全。

与其他领域的交互设计特征不同,汽车手势交互属于基于视觉的辅助驾驶系统^[17],需要精力集中在主驾驶任务上,并且汽车处在较为不稳定的活动场景中,绝大部分都是单手手势,因为另外一只手需要保持在方向盘上,因此传统的汽车手势交互领域的研究主要集中在行人保护,自动控制等功能性和安全性问题上^[18-19],相应的汽车手势及应用都应该是简单易学的,并且手势的数量需要得到严格限制,从而降低用户的分心和操作失误可能性。如在 Cheoljong Yang 等人的研究中,就将汽车手势控制为 14 个以内^[6]。然而伴随着娱乐系统的融入和用户体验需求的提升,辅助驾驶功能也开始向便利性和舒适性等方向迁移,如自动停车以及增强现实等研究的涌现等^[20-21]。尤其随着电动车和无人驾驶汽车的出现,汽车逐渐由操控工具向生活空间转化,汽车手势交互的安全需求也渐渐让位给娱乐需求,但至少在无人驾驶汽车未普及之前,汽车手势交互仍然会以安全和降低认知负荷为主要目标。

汽车手势交互方式也有一定的局限性,如需要考虑不同光环境对传感器的灵敏度的影响(如汽车进出隧道引起的光强变化),汽车手势的作用空间限制,以及用户的认知承受能力等。如 Barthes 等人就发现,汽车手部动作需要限制在挂挡杆以上^[18]。Zobl M 等人认为,在关注的某车载手势应用中,用户需要记住 22 个相关手势,这需要占用大量的学习成本和精力,对于驾驶情境来说明显过于复杂了^[11]。Bhuiyan M 等

人曾调研了 20 多个纯手势控制技术^[22],他们发现手势虽然去除了交互界面,可以让用户对环境进行直接控制,但能够提供的选择有限,使用的场景也相对狭窄。而且对于自由手势来说,仍然需要一定的训练和为专门的用户群体定制才可以降低操作错误率。尽管有以上的局限性,手势仍不失为一种能在驾驶行为中提供自由交互的控制方式。

3 汽车交互设计方法

3.1 汽车手势设计原则

目前汽车手势交互设计的关键问题在于,如何在驾驶情境中减少驾驶任务和交互行为的不协调,从而实现能够尽量少关注甚至不关注交互界面的“盲交互”效果。为此 Paul Watzlawick 等人研究了人类交流的基本原则^[23],认为这些人类间的交流规律可以对手势交往产生借鉴作用。还有一系列研究将已有的手部相关研究成果映射到手势交互中去,如将手语的手势应用到手势交互产品设计中等^[24-25]。

Loehmann S 曾将创建汽车手势需要注意的原则归结为以下几项。(1)减少分心。尽量采用容差性较强的手势捕捉方案,以实现手势的大范围模糊操作,降低错误率,减少需要手眼协调的情况。(2)小集合手势集。筛选出几个具有强烈直观性和低心理负荷的手势,组成手势数量较小的手势集,以降低学习难度和心理负荷。(3)手势的通用性。主要反映为同一个手势,能够控制不同应用中的同样意义的功能。例如导航和音乐播放器中的后退功能,尽管应用不同,但对于同一意义的功能,其手势设计应该是同样的。这有助于学习度和接受度的提高。

此外, Wahl H 也提出了汽车手势应该符合的基本原则(部分)为:(1)健壮性,手势应具有较好的抗击环境干扰的能力;(2)用户无需校准或培训;(3)延迟较小并易于手势捕捉系统理解。

在刚性规定方面,国际上存在一系列关于测试车载显示和应用的标准。如 DIN EN ISO 15005(道路车辆人机工程学方面的交通控制系统),15007-1(驾驶员视觉行为与交通信息);ISO/TS 15007-2(关于交通信息的驾驶员视觉行为);SAE J1050(驾驶员视野的描述和测量)和 1757-1(车载显示器标准)等。还有一系列关于手势交互空间的标准,如 ISO 3958(乘客与驾驶员的手部可及范围),对驾驶员的手部操作区域尺寸进行了参数化限定,这些都是汽车手势设计前需要了解的信息。

此外,与汽车手势设计相关的不仅仅是动作行为知识,还包含着文化因素。Jacob Wobbrock 和 Meredith Morris 等人在研究中都指出了手势的设计可能会随用户的性别、种族和文化背景的不同而不同^[26]。

Andreas Riener 在设计汽车交互手势时为了符合欧洲的文化和民族特征,通过调研发现了欧洲人的“欧洲车大部分都配备了手动变速箱,大部分驾驶者在高速上都喜欢将右手放在换挡杆的位置附近”的习惯,因此将其手势的主要活动范围也确定在了右侧换挡杆附近,并据此设计了相关手势。景春晖等人也在研究中参考汽车造型设计特征和书法线条特征,创建了汽车手势和相关交互产品^[7]。以上均为汽车手势设计需要考虑的设计原则。

手势设计完成后,往往需要制作交互原型进行后续的展示和测试。汽车手势交互原型根据捕捉手势传感器布置位置的不同主要分为两种。一种是平面布置,如 Rahman 等人就将传感器放置在仪表板和手面对手势的挡风玻璃上^[27],这样可以采集在 xy 平面上的手势行为。另一种为立体布置,如将 Kinect 布置在车顶^[28],这样可以尽量地规避其他物品遮挡手部,便于采集三维空间中的运动手势。

在交互原型设计完成后,需要进行后续的用户测试和检验。业界经常采用菲兹法对原型中手势的可用性和效率等进行测试。而对于测试场景的设置,对驾驶员来说驾驶负荷最轻的驾驶场景即为:“一条又直又宽的高速公路车道,在没有其他车辆干扰时,车速保持稳定,不用转向或制动^[29]”,这也往往作为汽车交互原型测试的极限实验环境。

3.2 用户和技术平衡的汽车手势设计

目前通用的手势设计方式为:设计师首先根据自己的喜好定义手势,然后利用小样本用户研究对其进行评估,之后进行修改,最后指导用户记忆和使用这些手势。然而这种方式存在着一定问题,因为人们拥有不同的期望和喜好,这种想通过定义一套标准的手势就能适用于所有情境的做法往往会影响系统的有效性,这就需要对用户在设计中的角色进行重新定位。

研究证明:“手势交互越符合用户期望,越贴合交互环境,学习成本就越低^[30],因此,在手势设计中,终端用户的参与是至关重要的,在设计阶段将用户包容进来会生成更好的交互产品^[31]。在设计过程中,在确定手势轨迹或者描绘手势功能时,往往采用用户参与式设计的方法。然而,“终端用户并不是设计师”^[32],Riener 也认为不能仅仅关注用户需求,而是要在用户需求和技術需要及限制间做一个平衡取舍^[28],因此,一味地追求满足用户需求,会造成技术约束和成本难以满足。设计师的角色需要在期间进行调和,从而达到技术和用户需求的平衡。

关于用户和技术平衡的设计,目前较为科学和谨慎的方式是,首先搜集一定量的已有手势(已经被量化应用的手势必然是可行的,符合技术标准的),然后再利用各种用户体验测试方法对其进行筛选和修正。

如 Dreuw 和 Shon S W 等人分析了美国手语数据库中来自波士顿大学以及各种手势集的手势特征^[33-34],以功能为目标,通过选择和修改得到了一系列常用功能的手势特征,见图 3;Loehmann 等人^[35]在以前的手势



图 3 常用功能的手势特征

Fig.3 Gesture features of commonly used functions

研究中^[36-37]搜集了 34 个手势,然后通过用户调研和网上问卷等方式,获取了 6 个最为典型而独特的手势设计,这些手势每个都有独立的意义,以及独特的运动轨迹,见图 4。然而,以上方法尽管在规避了技术风险的前提下针对用户态度进行了优化,但在面对领域内研究先例缺乏的手势设计时,如在体感游戏设计时,在手被占用的前提下需要用头来执行“射击”命令时^[38],对这种没有先例的手势(姿势)该如何设计,是目前这类设计方法的问题所在,需要后续研究继续深入。



图 4 6 个典型而独特的手势设计

Fig.4 Six typical and unique gesture designs

用户和技术平衡的设计指的是一方面尊重用户的态度和知识,为用户量身定做相应的产品,另一方面需要重视技术现实,能够在可实现性与成本等方面对设计进行修正,对用户进行引导。最终能够综合用户和技术需求进行妥协,也能够利用用户和技术各自的优势对对方的弱势进行填补,这也是设计师的角色意义。

4 结语

麦克卢汉曾说过:“我们塑造我们的工具,我们的工具又塑造了我们。”人类创造和设计了汽车,而随着移动交互时代的来临,手势交互又被自然的应用在汽车中,这需要对其进行重新审视并加以修正。本文针对汽车手势交互领域进行了总结性的研究,介绍了汽车手势交互设计现状、设计方法和设计原则等,这些都可以作为汽车手势设计的参考和标杆知识。

目前的汽车手势交互还在萌芽状态,但需要注意的是,随着视觉通道交互设计的饱和,其他感官通道的设计模式就将会被重视。同时由于各种移动设备、

桌面设备、物联网设备等都将应用手势,用户会将在一个设备上学会的手势自然应用到另一个平台上,这就会导致手势标准的生成。尽管目前业界还没有形成统一的标准,但不久的将来必然会有类似的组织和标准出现,因此,目前进行手势研究乃至汽车手势研究,是具有指导性和前瞻性意义的。

参考文献:

- [1] MCNEILL D. Hand and Mind: What Gestures Reveal about Thought[M]. University of Chicago Press, 1995.
- [2] 谭浩, 谭征宇, 景春晖. 汽车人机交互界面设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2015.
TAN Hao, TAN Zheng-yu, JING Chun-hui. Automotive HMI Design[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2015.
- [3] ECKER R, BROY V, BUTZ A, et al. Pietouch: a Direct Touch Gesture Interface for Interacting with In-Vehicle Information Systems[C]. Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, Mobile Hci 2009, 2009.
- [4] NORMAN D A. Natural User Interfaces are Not Natural[J]. Interactions, 2010, 17(3): 6—10.
- [5] GREEN P. Crashes Induced by Driver Information Systems and What Can be Done to Reduce Them[J]. International Congress on Transportation Electronics Automotive Electronics Delivering Technologys Promise, 2000.
- [6] WAHL H, GROH R. User Interface and Interaction Design in Future Auto-Mobility[M]. Springer International Publishing, 2016.
- [7] 景春晖, 张晶. 基于造型特征线的汽车手势交互设计[J]. 包装工程, 2017, 38(4): 122—126.
JING Chun-hui, ZHANG Jing. The Design of Vehicle Gesture Interaction Based on Modeling Feature Line[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(4): 122—126.
- [8] ALPERN M, MINARDO K. Developing a Car Gesture Interface for Use as a Secondary Task[C]. Extended Abstracts of the 2003 Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2003, 2003.
- [9] GEIGER M, ZOBL M, BENGLER K, et al. Intermodal Differences in Distraction Effects While Controlling Automotive User Interfaces[C]. Conference on, 2001.
- [10] AKYOL S, CANZLER U, BENGLER K, et al. Gesture Control for Use in Automobiles[C]. Iapr Conference on Machine Vision Applications, 2000.
- [11] ZOBL M, GEIGER M, SCHULLER B, et al. A Real-time System for Hand Gesture Controlled Operation of In-car Devices[C]. International Conference on Multimedia and Expo, 2003.
- [12] RIENER A, WINTERSBERGER P. Natural, Intuitive Finger-Based Input as a Means of in-Vehicle Information System Operation[J]. Proceedings of Auto-UI 2011, 2011.
- [13] RIENER A, ROSSBORY M, FERSCHA A. Natural DVI Based on Intuitive Hand Gestures[C]. Workshop User Experience in Cars, 2011.
- [14] PISHARADY P K, SAERBECK M. Recent Methods and Databases in Vision-based Hand Gesture Recognition[J]. Computer Vision & Image Understanding, 2015, 141(C): 152—165.
- [15] H K M B, SKOV M B, THOMASSEN N G. You Can Touch, But You Can't Look: Interacting with In-vehicle Systems[C]. Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2008, 2008.
- [16] SIEK K A, ROGERS Y, CONNELLY K H. Fat Finger Worries: How Older and Younger Users Physically Interact with PDAs[M]. Human-Computer Interaction-INTERACT 2005, 2005.
- [17] LIU Y, LU Z, CHOE P. A Human Factors Evaluation of the Spatial Gesture Interface for In-Vehicle Information Systems[M]. Cross-Cultural Design, Methods, Practice, and Case Studies, 2013.
- [18] BARTHES B R. The Rhetoric of the Image[C]. Image, Music, Text, 2010.
- [19] JOHN M, CULKIN S J. Churchman's Guide to Marshall McLuhan[J]. Religious Education, 1968, 63(6): 457—462.
- [20] FOGG B J, GRUDIN J, NIELSEN J, et al. Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do[J]. Gerontechnology, 2006, 5(12): 1168—1170.
- [21] GUNTHER T, FRANKE I S, GROH R. Augmented Virtuality: the Hands in the Virtual Environment[C]. Virtual Reality, 2015.
- [22] BHUIYAN M, PICKING R. Gesture-controlled User Interfaces, What Have We Done and What's Next[C]. Proceedings of the Fifth Collaborative Research Symposium on Security, E-Learning, Internet and Networking(SEIN 2009), 2009.
- [23] WATZLAWICK P, BAVELAS J B, JACKSON D D. Pragmatics of Human Communication: a Study of Interactional Patterns, Pathologies, and Paradoxes[M]. Norton & Company, 2014.
- [24] LIANG R H, MING O. A Real-time Continuous Gesture Recognition System for Sign Language[C]. IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, IEEE, 1998.
- [25] SHEN H, ZHOU X. Speech Recognition Techniques for a Sign Language Recognition System[C]. INTERSPEECH 2007, Conference of the International Speech Communication Association, 2007.
- [26] WOBROCK J O, MORRIS M R, WILSON A D. User-defined Gestures for Surface Computing[C]. Inter-

- national Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2009, 2009.
- [27] RAHMAN A S M M, SABOUNE J, SADDIK A E. Motion-path Based in Car Gesture Control of the Multimedia Devices[C]. ACM International Symposium on Design and Analysis of Intelligent Vehicular Networks and Applications, 2011.
- [28] RIENER A. Hand and Finger Gestures in Vehicular Applications[J]. Computer, 2012.
- [29] PELLEGRINO O. An Analysis of the Effect of Roadway Design on Driver's Workload[J]. Baltic Journal of Road & Bridge Engineering, 2009, 4(2): 45—53.
- [30] TANJA D, KERN D, MARSHALL P, et al. Gestural Interaction on the Steering Wheel: Reducing the Visual Demand[C]. International Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2011, 2011.
- [31] SHNEIDERMAN B. Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-computer Interaction[M]. Pearson Education India, 2010.
- [32] HEYDEKORN J, FRISCH M, DACHSELT R. Prospects of User Elicited Gestural Interaction Techniques[C]. CHI 2010 Workshop on Natural User Interfaces: the Prospect and Challenge of Touch and Gestural Computing, 2010.
- [33] DREUW P, RYBACH D, DESELAERS T, et al. Speech Recognition Techniques for a Sign Language Recognition System[J]. Hand, 2007.
- [34] SHON S W, BEH J H, YANG C J, et al. Hand Motion Design for Performance Enhancement of Vision Based Hand Signal Recognizer[J]. Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea SP, 2011, 48(4): 30—37.
- [35] LOEHMANN S, KNOBEL M, LAMARA M, et al. Culturally Independent Gestures for In-Car Interactions[C]. Human-Computer Interaction—INTERACT 2013, 2013.
- [36] MCNEILL D. Hand and Mind: What Gestures Reveal about Thought[J]. Leonardo, 1994, 27(4).
- [37] MORRIS D, COLLETT P, MARSH P. Gestures: Their Origins and Distribution[J]. 1979.
- [38] SILPASUWANCHAI C, REN X. Designing Concurrent Full-body Gestures for Intense Gameplay[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2015, 80(C): 1—13.