

手势操控车载信息交互系统研究

尤作, 谭浩

(湖南大学 设计艺术学院, 长沙 410082)

摘要: **目的** 对驾驶过程中的交互任务进行分析。**方法** 通过车载场景下的基于 RGBD 传感器的手势识别方法和多通道反馈分析方法进行分析。**结果** 以手势操控作为车载信息系统的交互方式, 采用多通道的反馈方式来反馈交互过程中的状态、结果以及错误, 设计手势操控车载交互系统的多通道反馈方案, 以及车载交互系统的手势操控集。**结论** 实验结果表明, 基于手势操控的车载信息交互系统可以有效提高操作效率和驾驶安全。

关键词: 车载信息系统; 交互系统; 手势操控; 手势集合

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)02-0050-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.02.008

In-vehicle Information Interactive System with Gesture Control

YOU Zuo, TAN Hao

(School of Design, Hunan University, Changsha 410082, China)

ABSTRACT: The work aims to analyze the interaction tasks in the driving process. The gesture recognition method based on RGBD sensor in the in-vehicle scenario and the multi-channel feedback analysis methods were used for the analysis. Gesture control was used as the interactive mode of the in-vehicle information system, and the multi-channel feedback mode was used to feed back the status, results and errors during the interaction. The multi-channel feedback scheme for gesture control of the in-vehicle information system and the gesture control set of the in-vehicle information system were designed. The experimental results show that the in-vehicle information interaction system based on gesture control can effectively improve the operation efficiency and driving safety.

KEY WORDS: in-vehicle information system; interactive system; gesture control; gesture set

乘驾人员在行驶过程中操作车载信息系统的的需求逐渐增长, 随着车联网技术的发展, 人与车的信息交互需求势必将进一步增长^[1]。由于影响驾驶安全, 所以汽车厂商不建议甚至禁止驾驶人员在驾驶过程中使用车载信息系统^[2]。人机交互系统需要解决人与机器的沟通问题, 实现人与机器的自然交互具有重大意义。人类的自然手势具备较强的信息表达能力^[3], 将其应用于车载人机交互系统中, 不但可以提升车载信息系统的操作体验, 还可以解决驾驶人员在驾驶过程中操作车载信息系统的安全问题。

1 车载信息交互系统现状

随着汽车产业的发展, 车载信息系统在整车功能中被赋予越来越多的职责^[4]。未来车联网、无人驾驶等技术的引入, 势必进一步推高其重要性。除了原有的娱乐功能, 辅助驾驶、支付、社交等功能也将逐步被纳入其中^[5]。驾驶行为中与车载信息系统的交互任务将变得更加复杂, 当前采用的交互方式将难以适应逐渐增加的复杂操作场景, 因此, 有必要引入更好的交互方式以应对上述问题。

收稿日期: 2018-10-11

作者简介: 尤作 (1989—), 男, 浙江人, 湖南大学设计艺术学院博士生, 主要研究方向为多通道人机交互设计、人工智能自动生成设计。

通信作者: 谭浩 (1977—), 男, 四川人, 博士, 湖南大学设计艺术学院教授, 主要研究方向为智能设计、人机交互设计与用户研究。

由于车载信息系统的重要性,所以各汽车厂商开发了具有其品牌特征的产品。各汽车厂商车载信息系统的差异不但表现在界面风格、车载应用上,还表现在交互方式上。传统的车载人机交互方式包括物理按键、手写板、触摸屏等。随着技术的进步,许多新型的交互方式也逐渐被各大汽车厂商所采用,如语音操控、手势操控、眼动跟踪操控等^[6]。

手势操控作为一种新型的人机交互方式,近年来逐渐受到重视。手势操控可以使驾驶人员在驾驶过程中通过手势操控车载信息系统。驾驶人员进行手势操控过程中可以在不改变驾驶姿势的情况下,保证视线焦点始终停留在行驶路面上,如此可以大大提高驾驶安全。手势操控方式相较于传统操控方式可以做到更加自然、简洁,可使交互过程更加符合人类普遍认知,从人因工程角度讲,这是一种更优的人机交互方式。

随着传感技术的不断发展,在车载环境下实现手势的准确识别已成为可能。针对驾驶人员的手势操控系统也为手势识别提供了较为理想的相对固定的空间。

本文首先提出了一种车载场景下基于 RGBD 传感器的手势识别方法;同时针对手势操控交互系统的可用性设计了一种手势操控车载交互系统多通道反馈方案;最后依据自然、简洁、直观、完整原则,设计了一组车载交互系统手势操控集。

2 车载手势操控交互设计

2.1 基于 RGBD 传感器手势识别方法

传统基于 RGB 视觉传感器的手势识别方法由于无法快速、有效地提取手掌信息而无法广泛应用。RGBD 传感器在 RGB 传感器的基础上增加了深度数据,其深度图的原始数据见图 1a。除 RGB 数据,见图 1b,RGBD 传感器通常还会提供 IR 数据,见图 1c,其主要通过红外视觉传感器获取。通过采用主动红外光源,其在弱光条件下也可以获得较好的成像效果。由于设备使用了多个相机,所以在使用上述数据之前还需要匹配,但这部分工作通常由设备供应商承担。

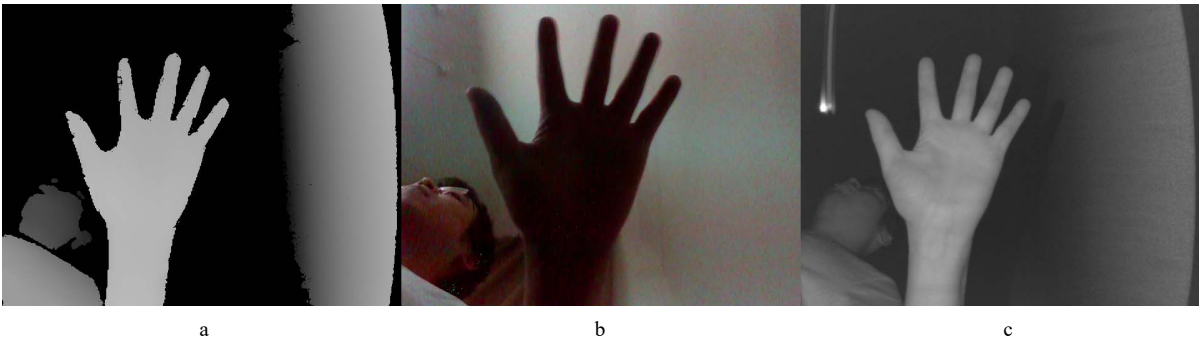


图 1 RGBD 传感器原始数据
Fig.1 RGBD sensor raw data

根据深度数据可以快速、准确地提取手掌信息。手势在运动过程中运动较快,传感器通常智能捕捉 100~200 ms 的手势动作数据,因此手势识别算法的计算时间不能过长,否则将难以做到有效识别。基于 RGBD 传感器的手势识别基本流程见图 2。

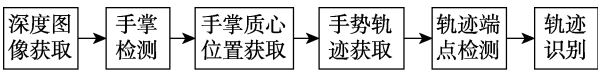


图 2 手势识别算法流程
Fig.2 Gesture recognition algorithm flow

提取手掌信息是手势识别的基础,同时也是手势识别最复杂的任务之一。手掌检测可以通过肤色信息实现,但仅靠肤色信息识别手掌的方法容易受到光照、人脸、手臂等因素的影响^[7],难以有效解决手掌检测问题。基于肤色的手掌识别方法的主要难点在于难以将手部与背景分离,利用 RGBD 传感器的深度信息可以方便地根据手掌离传感器的距离信息提取手掌区域。手掌的检测结果见图 3。

手势在三维空间中的轨迹是连续的,难以对手势

轨迹的起始点和终止点进行有效界定,需引入判断条件作为起始点和终止点检测的依据。手势的起始点与终止点的检测主要依据手势在 RGBD 传感器视野范围内移动速度的变化。

手势起始点的检测条件:检测到手掌在视野范围内静止超过 5 帧然后开始运动,则认为开始运动的点为起始点。

手势结束点的检测条件:检测到起始点以后,若检测到手掌视野内停止超过 10 帧,则认为当前手势结束;若手掌离开视野,则同样认为当前手势结束;若连续检测超过 500 ms,依然未达到上述两个终止条件,则强制终止当前手势。

目前轨迹识别方法比较成熟,主流的轨迹识别方法都可以提供较高的识别效果。得到较高识别率的关键在于设计一个合适的分类器,当前主流的分类器有:模板匹配方法、动态时间规整(DTW)、动态规划方法(DP)、隐马尔科夫模型(HMM)、动态贝叶斯网络(Bayesian Networks)、神经网络(Neural Networks)、支持向量机(SVM)、AdaBoost 等。\$1

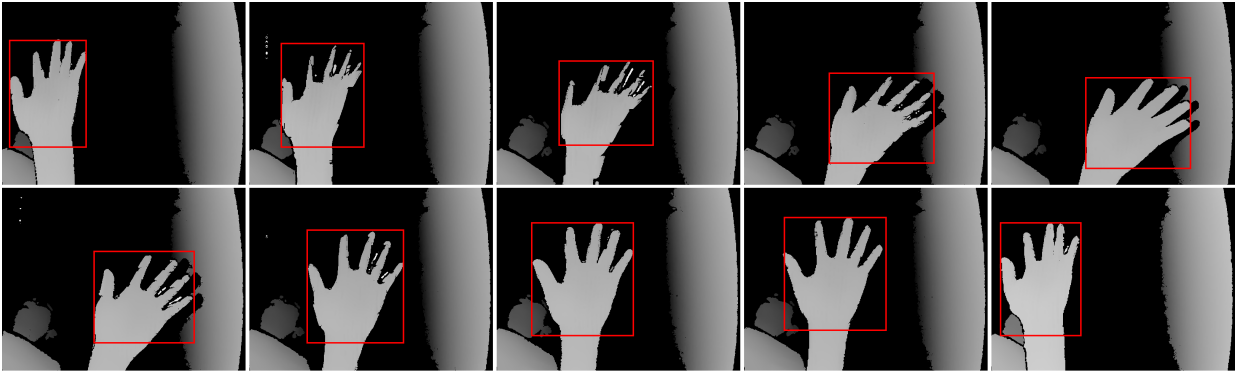


图 3 手掌的检测结果
Fig.3 Palm detection result

Unistroke Recognizer 凭借其简单、快速、高精度被应用于多种场合^[8]。Android 项目的手势识别功能便来自于它。\$1 Unistroke Recognizer 可以识别单笔画连续轨迹，其可识别轨迹见图 4。

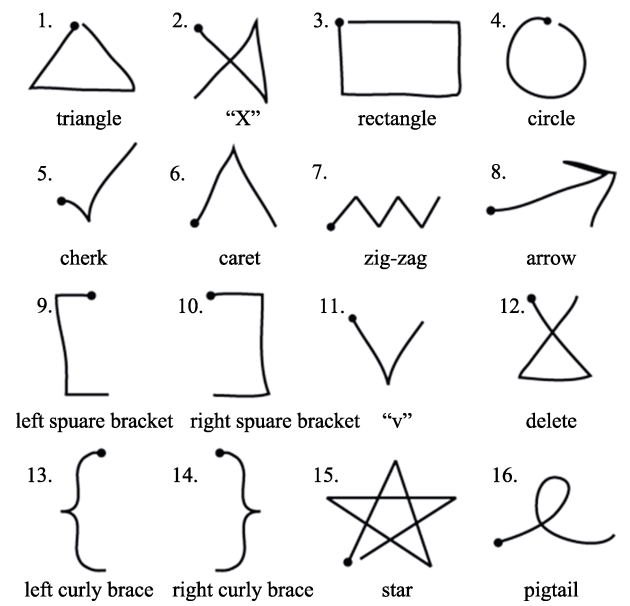


图 4 \$1 Unistroke Recognizer 可识别轨迹
Fig.4 \$1 Unistroke Recognizer gesture recognition examples

为验证手势识别算法的性能，邀请了 20 位用户进行了测试。同时，考虑到光照可能对手势识别结果产生影响，20 位用户分别在每天的早上、下午、晚上进行，共测试 7 天，每种手势测试次数超过 1 000 次。

实验结果表明，手势识别综合正确率达到 90%以上，错误识别率与未识别率维持在较低水平，可以达到车载环境下的手势操控要求。手势识别算法的测试结果见表 1。

2.2 手势操控中的多通道反馈

驾驶是一种高度复杂的任务，其包含计划、策略、操纵 3 个水平的任务层级和 1 600 个独立的次级任务。大量研究显示，人机交互界面复杂性增加，对驾驶员情境意识有重大影响。车载手势交互系统的目的是使

表 1 手势识别算法的测试结果
Tab.1 Gesture recognition algorithm test result

识别率	左挥	右挥	上挥	下挥	拍击	画圈	悬停
正确识别率	95.31	97.42	91.84	93.67	91.21	89.52	98.33
错误识别率	1.24	0.25	2.13	2.04	1.85	3.61	0.18
未识别率	3.45	2.33	6.03	4.29	6.94	6.87	1.49

驾驶人员在操控车载信息系统时视线焦点无需离开路面，防止其对险情感知能力的下降。手势操控仅仅是一种命令的输入方式，若无合理设计的反馈通道，驾驶人员仍然需要移动视线焦点至车载显示设备上。在不同的驾驶情景下，驾驶人员对不同形式反馈的敏感度也存在差异。例如驾驶人员在车内声音较大时，对声音反馈敏感度降低；车辆颠簸较强时，对触觉反馈敏感度降低；在白天强光下，对显示屏的视觉反馈敏感度降低等，因此需要提供多通道反馈以防止反馈失效。目前主流的反馈方式包括：听觉反馈、视觉反馈、触觉反馈等。

1) 听觉反馈。通过音频反馈，其内容主要包括系统启动、操作完成、手势捕捉、状态提示、错误警报等。驾驶过程中，驾驶人员对环境的感知主要依赖视觉，听觉属于非核心反馈通道，将听觉作为车载信息交互系统的反馈通道可以有效减少对驾驶任务的影响。

2) 视觉反馈。通过显示屏幕的信息显示反馈，显然车载中控显示屏不适合作为行车过程中的视觉反馈显示界面。传统汽车的仪表盘比较适合视觉信息的反馈。近年来广泛应用的抬头显示（HUD）则更加适合视觉信息的反馈，然而由于技术的限制，抬头显示的显示分辨率不足，所以导致其仅能显示部分简单信息。

3) 触觉反馈。主要通过振动、阻尼、气流等方式进行反馈，通常此类反馈强度较弱，其应用场景受到一定的限制。与听觉反馈类似，触觉数据非核心反馈通道，通过其进行反馈同样可以有效减少对驾驶任

务的影响。

多通道反馈的目标在于使驾驶人员在任何时候都能通过至少一种有效方式感知反馈信息。驾驶人员在不同场景下，对不同反馈通道的敏感度有所不同，同时为了不进行过度反馈而使驾驶人员产生反感，需要寻找各种反馈通道的有效优化组合方案。通过采用用户调研、现场实验、数据分析等方法，设计了一个多通道反馈的组合方案，见表 2。

表 2 手势操控多通道反馈组合方案
Tab.2 Multi-Channel feedback solution for gesture control

内容	听觉反馈	视觉反馈	触觉反馈
系统启动	●	●	●
选择		●	
确认	●		
返回	●		
取消	●		
信息提示		●	
错误报警	●		●

上述设计方案中的“视觉反馈”通过抬头显示提供，触觉反馈则是由设置于方向盘和座椅的震动马达提供。

2.3 手势操控安全性问题

驾驶人员在驾驶过程中通过手势操控车载信息系统时，在极端情况下存在手势识别失效、识别错误等情况，可能引起驾驶人员注意力转移，进而对驾驶安全造成影响。针对上述类型问题，需要提供相应的反馈信息和应对策略以减少影响，手势操控的问题场景及解决方案见表 3。

表 3 手势操控的问题场景及解决方案
Tab.3 Trouble scenes and solutions for gesture control

问题场景	解决方案
手势识别失效	提示“手势未识别”信息
手势识别错误	提供手势功能激活开关
手势识别延迟过大	单一手势超过 500 ms，提示“手势超时”，结束当前识别过程

3 车载手势集设计

由于用户角色、操作任务、应用场景等差异，所以车载信息交互系统的手势集需要进行有针对性的设计。

3.1 手势集设计原则与方法

交互设计中的基本流程与方法在手势集设计时同样适用，如在完成手势集设计初稿后需要通过用户参与实验来判断当前设计的质量。传统的通过问卷与

访谈的用户调研方法效率不高且数据分析工作繁重，可以通过自动化的方式准确获取用户反馈，并驱动手势集设计的快速修改与迭代。手势集的设计方法见图 5。

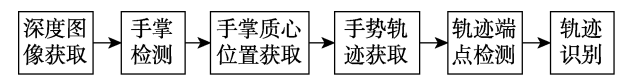


图 5 手势集的设计方法
Fig.5 Gesture set design methods

手势集设计过程中，需要遵循一些基本的设计原则。

1) 自然原则。自然交互是手势交互方式的第一原则。要求单个手势的轨迹覆盖范围不能过大，否则可能造成驾驶人员的驾驶姿势变化过大，影响驾驶安全。驾驶人员在驾驶过程中需通过手势进行“盲操作”，手势不能过于精细，否则可能造成驾驶人员注意力分散。要求手势执行过程中的手型是自然摆放，否则可能引起驾驶人员反感。

2) 简洁原则。手势操控的用户学习过程不可避免，因此必要的学习成本是必须的，但所采用的手势集必须足够简洁。手势集的简洁主要体现在两个方面：手势的数量必须严格控制，否则将造成用户的记忆困难，实验结果表明手势集中手势的数量不宜超过 10 个；单个手势不能过于复杂，否则可能使用户难以掌握与执行。

3) 直观原则。手势需要足够的直观，符合大众的普遍认知，如此可以提高用户学习效率，减少学习成本，如可以将“上一页”和“下一页”分别设计成向左挥动手掌和向右挥动，以此来模拟用户翻书的动作。

4) 完整原则。手势集中包含的手势类型不宜过多，但同样不能过少，否则将无法实现车载信息系统的操控任务，要求手势集必须覆盖基本操作集合。

3.2 手势集设计方案

依据上文的设计方法和原则，设计了一组手势集。手势集包括：左挥、右挥、上挥、下挥、拍击、画圈、悬停等 7 种手势，其手势集的设计方案见表 4。

表 4 手势集的设计方案
Tab.4 Gesture set design solution

手势	主要功能描述
左挥	上一个选项，挂断电话，上一首歌
右挥	下一个选项，接听电话，下一首歌
上挥	呼出低栏菜单，增加音量，放大
下挥	隐藏低栏菜单，减少音量，缩小
拍击	确认、暂停、播放
画圈	返回、取消、关闭
悬停	系统启动、系统关闭

3.3 手势交互系统的应用案例

本文所提的手势设计原则及手势集设计方案在 New G-Player v2 多通道人机交互车载多媒体系统上进行了应用。系统基础操作（菜单选择、应用开关）及 4 个应用（电话、音乐播放器、广播、导航）主要操作命令支持手势控制，应用案例见表 5。

表 5 New G-Player v2 手势集的应用案例
Tab.5 New G-Player v2 gesture set application case

应用	功能	手势
菜单	上一个选项	左挥
	下一个选项	右挥
应用开关	打开应用	拍击
	关闭应用	画圈
电话	接听电话（电话拨入时）	右挥
	挂断电话（电话拨入时）	左挥
	上一个联系人	左挥
	下一个联系人	右挥
	拨打电话（当前选中的联系人）	拍击
音乐 播放器	播放/暂停	拍击
	上一首歌	左挥
	下一首歌	右挥
	增加音量	悬停+上挥
	减小音量	悬停+下挥
广播	打开/关闭	拍击
	上一个频道	左挥
	下一个频道	右挥
	增加音量	悬停+上挥
	减小音量	悬停+下挥
导航	地图左移	左挥
	地图右移	右挥
	地图上移	上挥
	地图下移	下挥
	地图放大	悬停+上挥
	地图缩小	悬停+下挥

4 结语

手势操控将在未来的车载信息交互系统中将承担越来越多的交互任务。通过更加先进的传感技术与算法，可以进一步提高手势识别的准确率，以及提高车载手势操控的可用性。通过多通道反馈可以进一步

提高驾驶过程中操作车载信息系统的安全性。通过设计更加自然、简洁、直观、完整的手势集可以进一步提高手势操控的应用场景。

参考文献：

[1] 谭浩, 赵江洪, 王巍. 汽车人机交互界面设计研究[J]. 汽车工程学报, 2012, 2(5): 315—321.
TAN Hao, ZHAO Jiang-hong, WANG Wei. Research on Vehicle Human Machine Interface Design[J]. Journal of Automotive Engineering, 2012, 2(5): 315—321.

[2] 刘雪婷. 基于驾驶分心行为的车载信息装置测评研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2016.
LIU Xue-ting. Research on Vehicle Information Device Evaluation Based on Driving Distraction Behavior[D]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2016.

[3] 赵杨. 基于多传感技术相融合的手势交互系统研究[D]. 石家庄: 河北经贸大学, 2016.
ZHAO Yang. Research on Gesture Interaction System Based on Multi Sensor Technology Fusion[D]. Shijiazhuang: University of Business & Economics in Hebei, 2016.

[4] 巫跃凤. 基于 IMX35 的车载信息娱乐系统的硬件设计[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
WU Yue-feng. Hardware Design of Vehicle Infotainment System Based on IMX35[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010.

[5] 高辉. 智能车载信息系统共享平台及安全机制的研究与实现[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
GAO Hui. Research and Implementation of Intelligent Vehicle Information System Sharing Platform and Security Mechanism[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015.

[6] 李谟秧. 汽车人机交互界面用户自定义手势设计研究与应用[D]. 长沙: 湖南大学, 2015.
LI Mo-yang. Research and Application of User-defined Gesture Design in Automotive Human Machine Interactive Interface[D]. Changsha: Hunan University, 2015.

[7] VAN D B, VAN G L. Combining RGB and ToF Cameras for Real-time 3D Hand Gesture Interaction[C]. Applications of Computer Vision (WACV), 2011 IEEE Workshop on IEEE, 2011: 66—72.

[8] WOBBROCK J O, WILSON A D, LI Y. Gestures without Libraries, Toolkits or Training: a \$! Recognizer for User Interface Prototypes[C]. ACM: Proceedings of the 20th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 2007.