

# 基于 Simulink 和 VR 的汽车虚拟驾驶系统设计\*

赵耕云, 王佳, 朱有地

(兰州工业学院 汽车工程学院, 甘肃 兰州 730050)

**摘要:** 为实现具有可交互式操作功能的汽车虚拟驾驶系统, 采用 MATLAB 中的 V-Realm Builder 工具箱创建汽车虚拟驾驶场景, 通过分析汽车运动学过程, 搭建基于 Simulink 的汽车运动控制模型, 并将该模型与汽车虚拟驾驶场景建立关联, 完成汽车虚拟驾驶系统设计。系统试验表明, 通过操作外部设备能控制车辆在三维虚拟场景中灵活行驶, 车辆行驶轨迹和运动过程符合实际, 系统具有沉浸性、交互性的特点。

**关键词:** 汽车; 驾驶系统; 虚拟场景; Simulink

**中图分类号:** U471

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2668(2019)02-0010-03

虚拟现实(Virtual Reality, VR)是一种通过计算机创建虚拟世界, 使用户沉浸到其中的仿真系统, 为多信息融合、交互式的三维动态视景和实体行为的系统仿真。针对该技术在汽车工业领域的应用, 周朝华通过 VR 工具箱建立斯柯达车辆动力学虚拟现实场景, 结合 Simulink 建立动态系统, 接入虚拟世界进行仿真, 模拟真实车辆运行的动力学特性; 宁凡坤在汽车动力学模型的基础上, 结合 VR 技术建立虚拟现实试验系统, 将 VR 技术应用于汽车试验中, 为汽车产品开发和性能分析提供新方法; 宋昱等基于 Simulink 建立七自由度仿真模型, 并与 VR 虚拟世界联合进行仿真, 分析车辆在制动时的运动特征; 荆旭采用 DirectX 技术和 C++ 编程语言构建汽车虚拟驾驶系统场景进行模拟驾驶仿真试验。该文采用 Simulink 和 VR 虚拟现实技术开发汽车虚拟驾驶系统, 通过外部设备交互式操作, 模拟汽车驾驶动作和行驶过程, 获得实车驾驶感受。

## 1 车辆数学模型

汽车虚拟驾驶系统设计中不考虑轮胎的侧滑, 车辆为中性转向特性。设车速为  $u$ , 车宽为  $B$ , 轴距为  $L$ , 前轮转向角为  $\delta$ , 左右前轮转向角分别为  $\alpha$ 、 $\beta$ , 汽车横摆角速度为  $\dot{\theta}$ , 汽车在虚拟世界坐标系  $x$ 、 $y$  方向的速度分别为  $\dot{x}$ 、 $\dot{y}$ , 4 个车轮的轮速分别为  $v_{LF}$ 、 $v_{RF}$ 、 $v_{LR}$ 、 $v_{RR}$ , 则汽车运动学数学模型如下:

$$\dot{\theta} = \frac{u}{L} \sin \delta \quad (1)$$

$$\dot{x} = u \times \cos \theta \times \cos \delta \quad (2)$$

$$\dot{y} = u \times \cos \theta \times \sin \delta \quad (3)$$

$$\cot \alpha - \cot \beta = \frac{B}{L} \quad (4)$$

$$\tan \delta = \frac{2 \times (\tan \alpha \tan \beta)}{\tan \alpha + \tan \beta} \quad (5)$$

$$v_{LF} \sin \alpha = v_{RF} \sin \beta = \frac{v_{LR}}{\cot \alpha} = \frac{v_{RR}}{\cot \beta} \quad (6)$$

## 2 虚拟驾驶场景设计

MATLAB 中的 V-Realm Builder 工具箱的三维编辑功能强大, 通过它可快速建立三维可视化模型, 避免采用 VRML 语言编程带来的不便。运用 V-Realm Builder 建立汽车模型和道路模型, 通过改变 Translation 节点的数值调整车模位置、改变 Appearance 节点的数值调整模型颜色。由于车模前轮既要滚动又要转向, 在虚拟场景的节点树中为 2 个前轮添加父级坐标系控制车轮的转向角, 原坐标系为子级坐标系, 控制车轮的滚动。最后添加背景和合适的观察视角。最终创建的汽车虚拟驾驶场景见图 1, 其中车身上方有方向盘的车辆为虚拟驾驶控制车辆, 其余两车为参照物。

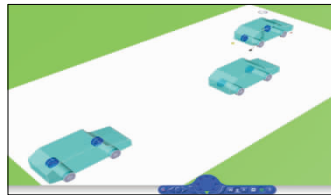


图 1 汽车虚拟驾驶场景

\* 基金项目: 兰州工业学院 2017 年度青年科技创新项目(17K-012)

### 3 汽车虚拟驾驶控制系统设计

汽车虚拟驾驶控制系统较复杂,采用层次化、模块化的设计方法,主要由信号输入模块、汽车运动控制模块、信号处理模块、虚拟场景模块组成。

#### 3.1 输入信号模块

Simulink 3D Animation 中的 Joystick Input 模块支持异步操纵杆装置的过程输入,还支持力反馈设备,其输出端口可反映操纵杆的轴和按钮的控制状态,可在 Simulink 模型和与 Simulink 3D Animation 模块关联的虚拟世界之间提供信息交互。

汽车虚拟驾驶系统接收来自用户的模拟驾驶操作信息,通过 Joystick Input 模块将外部设备的输出信号输入虚拟场景中。采用一款游戏手柄作为外部设备,该设备输出 3 路轴信号和 10 个按键信号。在 Simulink 中对外部设备输出的 3 路轴信号进行重新排序,第 1 路为  $x$  轴信号,第 2 路为  $z$  轴信号,第 3 路为  $y$  轴信号,放大后进行积分运算并设置积分极限。搭建完成的外部设备输入信号见图 2。

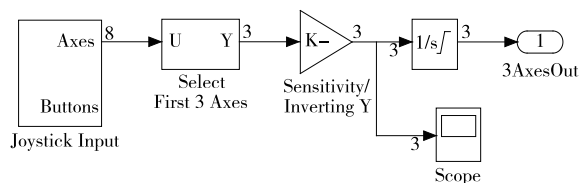


图 2 外部设备输入信号

将图 2 模型集成子系统命名为 Input Using Joystick,采用 Selector 模块选择  $x$  轴信号控制车速、 $z$  轴信号控制方向盘转角。完成的控制信号输入模型见图 3,将该模型集成子系统命名为 Joystick Input。

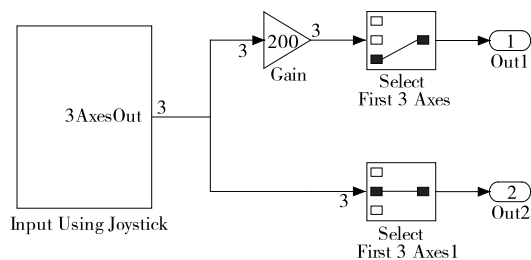


图 3 控制信号模型

#### 3.2 汽车运动控制模块

根据汽车运动学数学模型,汽车在下一时刻的运动状态只与当前车速、方向盘转角、汽车横摆角有关。在 Simulink 中添加“embedded matlab function”模块,并将其命名为“motion”。该模块的输入信号为车速  $u$ 、方向盘转角 Lfront\_driverRot、汽车

当前横摆角 car\_now\_rot,输出信号为下一时刻汽车横摆角速度 car\_rot、汽车在  $x$  方向的位移速度  $dx$ 、在  $y$  方向的位移速度  $dy$ 、右后轮滚动角速度 Rrear\_WHrot、左后轮滚动角速度 Lrear\_WHrot、右前轮滚动角速度 Rfront\_WHrot、左前轮滚动角速度 Lfront\_WHrot、右前轮转向角速度 Rfront\_Rotrot、左前轮转向角速度 Lfront\_Rotrot。在该模块中编写输出与输入之间关系的计算程序。创建完成的汽车运动控制模块见图 4。

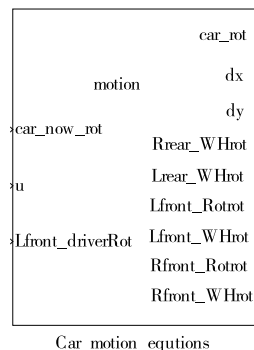


图 4 汽车运动控制模块

#### 3.3 虚拟场景模块

VR Sink 模块是 Simulink 模型与虚拟世界的联系桥梁,它将 Simulink 信号数据传送到虚拟场景中,控制虚拟场景中物体的运动过程。在 VR Sink 模块中选择所创建的虚拟驾驶场景三维模型文件,在节点树上选择要控制的属性,即控制虚拟驾驶车辆横摆运动的 Rotation 节点和控制平移运动的 Translation 节点、分别控制 4 个车轮滚动的 4 个 Rotation 节点、控制前轮转向运动的 Rotation 节点、控制方向盘转动的 Rotation 节点,虚拟驾驶车辆共有 10 个自由度可以控制。设置完成后模块产生相应的输入端子。创建完成的虚拟场景模块见图 5。

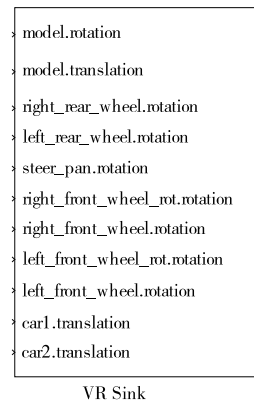


图 5 虚拟场景模块



续表 9

站名	由南向北全日客流			由北向南全日客流		
	上车	下车	通过量	上车	下车	通过量
南门口	8 919	13 000	65 424	12 824	9 573	65 078
黄兴广场	13 376	14 426	64 374	13 286	13 129	64 921
五一广场	13 979	19 685	58 668	19 089	14 481	60 313
培元桥	4 192	12 775	50 085	12 795	3 901	51 419
文昌阁	1 552	10 490	41 147	10 126	1 439	42 732
开福寺	4 769	11 272	34 644	11 700	5 149	36 181
北辰三角洲	1 454	8 974	27 124	9 809	1 397	27 769
马厂	747	12 070	15 801	12 195	796	16 370
开福区政府	0	15 801		16 370	0	
合计	165 044	165 044		164 530	164 530	

从表 9 来看,长沙市地铁 1 号线开通初期客流呈现以下特征:1) 客流主要集中在市中心,其中五一广场、黄兴广场、侯家塘 3 个站点的客流量较大。根据长沙市轨道交通线网规划,五一广场和侯家塘为线网换乘点站,而黄兴广场作为长沙市传统商业广场其客流密度较大,这 3 个站点处于城市核心中心位置。2) 五一广场北部客流量并不大,但随着城市规模的不断扩大和人口的增长,这部分客流预测可变性较大。3) 客流从城市边缘区向城市中心区聚集,居民出行呈现“潮汐”现象。

参考文献:

[1] 郭平.城市轨道交通客流特征及预测相关问题[J].城市轨道交通研究,2010(1).  
[2] 施泉,吴中,毛荣昌.轨道交通客流预测四阶段法的改进[J].城市轨道交通研究,2006(9).  
[3] 马超群,陈宽民,王玉萍.城市轨道交通客流预测方法[J].长安大学学报:自然科学版,2010,30(5).  
[4] 毛保华.城市轨道交通规划与设计[M].北京:人民交通出版社,2006.  
[5] Wardman M R.Demand for rail travel and the effects of

external factors[J].Transportation Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2006,42(3).  
[6] 何宁,马晓甦,王国晓.南京市地铁 1 号线开通初期客流研究[J].城市交通,2009,7(1).  
[7] 郭娟,刘雪锋.城市轨道交通客流预测分析[J].山西科技,2017(1).  
[8] 罗小强.城市轨道交通客流预测分析[D].西安:长安大学,2005.  
[9] 孙博,魏明.基于贝叶斯网络的短时公交客流预测模型[J].公路与汽运,2017(4).  
[10] 胡耀龙,蓝万炼,梁小文.基于四阶段法的高速公路收费收入预测研究:以宁常、镇溧高速公路为例[J].公路与汽运,2017(6).  
[11] 毛荣昌.城市轨道交通客流预测方法研究[D].南京:河海大学,2005.  
[12] 冯琳.城市轨道交通客流预测方法及其对地铁设计的影响分析研究[A].中国土木工程学会第十五届年会暨隧道及地下工程分会第十七届年会论文集[C].2012.

收稿日期:2018-03-23

\*\*\*\*\*

(上接第 12 页)

[3] 宋昱,吴晴,余春暄.基于 Simulink 和 VR 工具箱的车辆制动稳定性计算机仿真[J].交通与计算机,2006,24(6).  
[4] 荆旭.基于虚拟现实技术的汽车虚拟驾驶系统的研究与开发[D].淄博:山东理工大学,2007.  
[5] 刘东辉,郑楠楠,杨丽丽,等.基于 Matlab Simulink 和 VR 工具箱的双足行走仿真[J].河北科技大学学报,2011,32(3).  
[6] 赵耕云,王佳,朱有地,等.基于 Simulink 和 VR 的平行

泊车控制系统设计与仿真[J].兰州工业学院学报,2018,25(4).  
[7] 尤志栋,王峻极,郝会龙,等.低等级公路驾驶体验训练仿真平台设计与实现[J].公路与汽运,2016(3).  
[8] 钱德猛,赵韩,张代胜.基于虚拟样机技术的空气悬架运动学研究[J].客车技术与研究,2005(3).  
[9] 刘东波,缪小冬,王长君,等.汽车驾驶模拟器及其关键技术研究现状[J].公路与汽运,2010(5).

收稿日期:2018-10-09