

文章编号: 2095-2163(2022)08-0183-04

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

基于 Unity3D 的驾驶仿真系统研究与实现

曹文冠^{1,2}, 姚启明^{1,2}, 李贤钰^{1,2}, 姚元森³

(1 同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司, 上海 200092; 2 上海智慧交通安全驾驶工程技术研究中心, 上海 200000;

3 上海未青数字科技有限公司, 上海 200000)

摘要: 随着计算机虚拟仿真技术的蓬勃发展, 驾驶仿真技术在道路、交通、车辆与安全等领域的应用需求日益显著。由于技术封闭、成本过高、应用场景单一、仿真效果与实际效果相差较大等问题, 在一定程度上限制了驾驶仿真技术的发展与应用。因此, 本文基于开源平台 Unity3D 虚拟现实开发引擎, 结合工程设计与三维建模软件, 搭建了仿真效果真实、应用场景灵活并可二次开发的驾驶仿真系统。

关键词: 驾驶仿真; Unity3D; 三维建模

Research and implementation of driving simulation system based on Unity3D

CAO Wenguan^{1,2}, YAO Qiming^{1,2}, LI Xianyu^{1,2}, YAO Yuansen³

(1 Tongji Architectural Design(Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China;

2 Shanghai Intelligent Traffic Safety Driving Engineering Technology Research Center, Shanghai 200000, China;

3 Shanghai Weiqing Digital Technology Co., Ltd., Shanghai 200000, China)

[Abstract] With the vigorous development of computer virtual simulation technology, the application requirements of driving simulation technology in the fields of roads, traffic, vehicles and the safety are becoming more and more significant. However, the development and application of driving simulation technology are limited to a certain extent due to problems such as closed technology, high cost, single application scenario, and a large difference between the simulation effect and the actual effect. Therefore, based on the open source platform Unity3D virtual reality development engine, combined with engineering design software and 3D modeling software, this paper builds a driving simulation system with realistic simulation effects, flexible application scenarios and secondary development.

[Key words] driving simulation; Unity3D; 3D modeling

0 引言

近年来,随着中国道路交通行业的快速发展,道路交通安全问题也日益显著^[1-2]。提升驾驶技能,规范驾驶行为,是解决道路交通安全问题的有效途径。然而,传统的驾培机构对驾驶员的驾驶技能提升和驾驶行为规范方面,存在成本大、效率低、效果差的局限性。因此,利用计算机虚拟现实仿真技术解决上述问题,引起了国内相关研究人员的广泛关注^[3-6]。

驾驶仿真系统综合应用了人工智能、图像图形学与三维建模等领域的相关技术,通过计算机仿真计算,真实再现现实世界的不同场景,并辅以声音、动作等元素,使驾驶人通过驾驶模拟器,身临其境地

体验“真实”驾驶过程^[7-10]。本文通过 Unity3D 虚拟现实开发引擎,开发了一款高还原度、兼容性强、应用广泛的驾驶模拟仿真软件,为后续研究如何缓解交通压力、提升驾驶技能、规范驾驶行为与自动驾驶仿真测试提供较为真实的驾驶仿真平台。

1 系统整体架构

驾驶仿真系统由驾驶模拟器、车辆仿真系统与视景仿真系统等组成,整体架构如图 1 所示。图 1 中,驾驶模拟器包括方向盘、加速踏板、刹车踏板、换挡拨片以及显示器和音响设备,车辆仿真系统包括车辆三维模型和车辆动力学模型,视景仿真系统包括道路模块、地形模块、建筑物模块和天气控制模块。

基金项目: 上海市科技计划项目(22YF1451800, 20DZ2252100)。

作者简介: 曹文冠(1995-),男,硕士,助理工程师,主要研究方向:智能驾驶、人工智能;姚启明(1978-),女,博士,教授,主要研究方向:汽车运动与安全、智慧交通安全驾驶;李贤钰(1994-),男,博士,中级工程师,主要研究方向:道路安全、驾驶行为;姚元森(1988-),男,硕士,主要研究方向:虚拟现实、三维数字建模。

收稿日期: 2022-03-23



图1 系统整体架构图

Fig. 1 Overall system architecture diagram

2 系统设计与实现

2.1 视景仿真系统设计

视景仿真系统中,场景的逼真程度是实现沉浸感最重要的一个环节。为了使驾驶员感到身临其境的驾驶体验,场景环境的模型建立、贴图的制作、画面渲染都要有一定的逼真程度^[11]。完整的虚拟驾驶视景仿真系统由道路模块、地形模块、建筑物模块和天气管理模块四大模块组成,如图2所示。只有将各模块加以有序组合,才能实时响应驾驶员的操作信息,并将实时渲染的画面呈现出来。这里,对各组成模块的功能设计拟展开阐释如下。

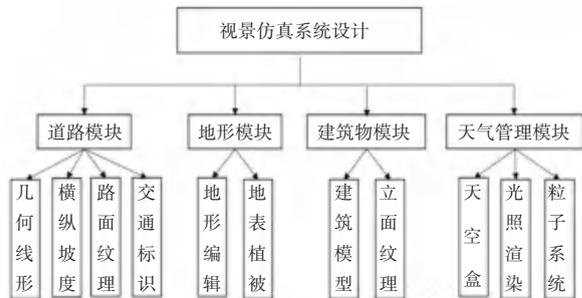


图2 视景仿真系统设计

Fig. 2 Design of visual simulation system

(1)道路模块。为了更加精细真实地表达出道路的几何线性、纵横坡度,本文利用专业的工程设计软件 BIM(或犀牛),对道路的几何线性和纵横坡度进行建模,此后在 3Dmax 中对路面纹理和交通标识进行贴图,从而达到逼真的建模效果,在降低模型误差的同时提升驾驶员的沉浸感。

(2)地形模块。地形模块是视景仿真系统的基础,其高程精度直接影响道路模块与建筑物模块的精度。故本文利用地面高程数据,在工业设计软件中生成地形曲面后,将其导入至 Unity3D 中,利用地形转换插件将曲面转换成地形,再使用 Unity3D 地形插件中的花草、树木、石块等细节模型对整个地形模块进行美化。

(3)建筑物模块。建筑物模块占据了驾驶人的大部分视野,建筑物的真实度将直接影响驾驶沉浸感。因此,本文选择专业的三维建模软件 3Dmax,对建筑物进行建模与贴图,再将模型导入 Uinity3D 中,并对该模型的光照效果进行细化,以达到真实的效果。

(4)天气控制模块。天气控制模块在虚拟环境中模拟出各种天气状况,如白天、夜晚、雨、雪、雾等。一方面,通过 Unity3D 中的点光源、平行光源、聚光灯光源和区域光源四种光源单一或者组合使用,模拟出真实的光照效果;另一方面,通过 Unity3D 中的粒子系统,模拟出雨、雪、雾等天气。粒子系统由数量可控、生命周期可控的微小粒子图元组成,并具有形状、位置、颜色、速度、运动方向等属性,可以通过对这些属性的调节,实现雨滴、雪花和空气中肉眼可见的微粒等物质,并能赋予其速度和运动方向,从而实现不同的天气展示。

2.2 车辆仿真系统设计

2.2.1 车辆功能模拟系统

2.2.1.1 车辆三维模型

在将三维建模软件中创建的车辆模型导入 Unity3D 之前,必须保证车辆坐标系中的 X 轴指向车辆正前方, Y 轴指向正右方, Z 轴指向正上方,以减少不必要的的数据转换过程。模型导入后,将 Unity3D 中的车轮碰撞体添加到三维模型的轮胎中。车轮碰撞体可以模拟真实车轮的转动,并可控制车辆的移动。在车轮碰撞体属性栏中可以调节悬架高度、阻尼、车轮最大转速等参数。除此之外,三维模型还要添加 Rigidbody 组件,赋予车辆物理属性,包括质量、重力等。车辆三维模型如图3所示。



图3 车辆三维模型

Fig. 3 3D model of vehicles

2.2.1.2 仪表与数据

本文仪表系统采用 Unity3D 中的 UI 界面功能和 C#编程制作。主要包括速度仪表、发动机转速仪表、车辆挡位、辅助驾驶功能指示灯,以及车辆状态指示灯等部分。仪表仿真效果如图4所示。



图4 仪表与数据显示

Fig. 4 Instrumentation and data display

2.2.1.3 音效模拟

音效是驾驶仿真系统开发中必不可少的元素。一个真实的驾驶体验,不仅包括良好的视觉体验,对听觉体验的营造也尤为重要。本文在传统刹车音效、马达音效的基础上,根据不同的前进踏板开度、制动踏板开度,线性调整音效的音响强度,使其具有真实的听觉体验。

2.2.2 车辆动力学模型

实现真实的模拟驾驶,不仅需要模拟出车辆的各种功能,对车辆动力系统的仿真也提出了更高的要求。本文以两轴四轮乘用车为例,根据汽车系统动力学知识,分析车辆的受力,主要包括:驱动力、滚动阻力、空气阻力、加速阻力和坡度阻力等。车辆的合力决定了车辆的运动状态,如图5所示。

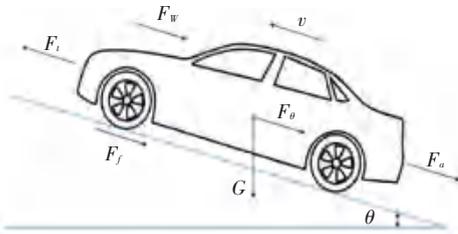


图5 车辆动力学模型

Fig. 5 Vehicles dynamics model

根据牛顿第二定律,得到车辆正常行驶的运动方程为:

$$M \frac{dv}{dt} = F_t - F_f - F_w - F_a - F_\theta \quad (1)$$

其中, M 为车辆的质量; v 为车辆速度; F_t 为车辆驱动力; F_f 为车辆滚动阻力; F_w 为车辆空气阻力; F_a 为车辆加速阻力; F_θ 为车辆坡度阻力。

这里,对各主要受力拟展开研究阐释如下。

(1) 车辆驱动力 F_t 。计算公式可写为:

$$F_t = \frac{9550 P_e i_g i_0 \eta_T}{n \cdot r} \quad (2)$$

在Unity3D车辆仿真过程中,可以通过前进踏板和制动踏板的开度来控制车辆运动。因此,进一步将车辆的驱动力公式修正为:

$$F_t = C_a F_{tmax} - C_v v \quad (3)$$

其中, C_a 为前进踏板开度; F_{tmax} 为式(1)计算

出的最大值; C_v 为速度修正系数。

(2) 滚动阻力 F_f 。计算公式可写为:

$$F_f = C_r G \quad (4)$$

其中, C_r 为滚动阻力系数, G 为车辆重力。

(3) 空气阻力 F_w 。计算公式可写为:

$$F_w = \frac{C_d \cdot A \cdot \rho \cdot V_r^2}{2} \quad (5)$$

其中, C_d 为空气阻力系数; A 为车辆的迎风面积; ρ 为空气当前的密度; V_r 为汽车相对于空气的速度。

(4) 加速阻力 F_a 。计算公式可写为:

$$F_a = d \cdot M \frac{dv}{dt} \quad (6)$$

其中, d 为车辆旋转质量转换系数。

(5) 坡度阻力 F_θ 。计算公式可写为:

$$F_\theta = G \cdot \sin \theta \quad (7)$$

其中, θ 为路面的倾斜角度。

整理后可得:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{C_a F_{tmax} - C_v v - 0.5 \cdot C \cdot A \cdot \rho \cdot V_r^2}{(1 + d) M} - \frac{(C_r + \sin \theta) g}{1 + d} \quad (8)$$

3 系统测试与仿真效果展示

为验证驾驶系统的真实性、稳定性以及响应速度,本文使用Unity3D发布了一个基于Windows系统的应用实例,并对该实例展开分析。驾驶仿真效果如图6所示。



(a) 主控车辆运行界面

(b) 环境车流

图6 驾驶仿真效果展示

Fig. 6 Driving simulation effect display

为更直观地反映系统运行的实时性与稳定性,本文编写了计算系统运行实时帧率的代码,并使系统运行30 min,分析其实时帧率。系统运行实时运行帧率如图7所示。

经过多次实验验证,并综合分析图6和图7,证明本文所构建的车辆仿真系统与视景仿真系统能够实时耦合,加速踏板、制动踏板和方向盘功能均正常,且无滞后反应现象。

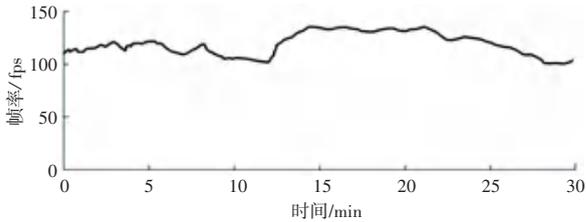


图7 系统实时运行帧率

Fig. 7 System real-time running frame rate

4 结束语

本文对基于 Unity3D 的车辆驾驶仿真系统进行了详细的介绍与分析。通过反复试验,验证了本研究开发的系统呈现出良好的人机交互效果,同时也具有较高的真实度和稳定性。在后续的研究中,技术方面引进 VR 技术或多自由度运动平台与该系统结合,对提升驾驶沉浸感具有重要的意义。理论方面可根据模拟仿真的实验数据进行分析和研究,实现低成本的缓解交通压力、提升驾驶技能、规范驾驶行为等目的。

参考文献

[1] 王明羽. 基于 Unity 3D 与 VR 技术的虚拟驾驶系统[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2020.

(上接第 182 页)

- [5] 曹风魁, 庄严, 闫飞, 等. 移动机器人长期自主环境适应研究进展和展望[J]. 自动化学报, 2020, 46(02): 205-221.
- [6] ZHAO J, CHEN Y, LOU Y. A human-aware robotic system for mobile robot navigating in multi-floor building with elevator [C]// 2019 WRC Symposium on Advanced Robotics and Automation. Beijing, China: IEEE, 2019: 178-183.
- [7] HESS W, KOHLER D, RAPP H, et al. Real-time loop closure in 2D LIDAR SLAM [C]// 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). Stockholm, Sweden: IEEE, 2016: 1271-1278.
- [8] 向超, 蒋林, 雷斌, 等. 基于环境语义信息的移动机器人重定位增强[J]. 武汉科技大学学报, 2020, 43(03): 224-229.
- [9] PERENZONI D, GASPARINI L, MASSARI N. Depth-range extension with folding technique for SPAD-based TOF LIDAR systems [C]// IEEE SENSORS 2014 Proceedings. Valencia, Spain: IEEE, 2014: 622-624.

- [2] YANG C W, LEE T H, HUANG C L, et al. Unity 3D production and environmental perception vehicle simulation platform [C]// 2016 International Conference on Advanced Materials for Science and Engineering (ICAMSE). Taiwan: IEEE, 2016: 452-455.
- [3] 蒋一凡. 基于 3ds Max 和 Unity3D 的虚拟仿真教学实验的开发研究[D]. 延边: 延边大学, 2020.
- [4] 徐晓兵. 基于 Unity3D 的道路路线三维透视技术应用研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2019.
- [5] 张茜. 基于 Unity3D 的汽车功能模拟与驾驶场景演示系统的设计 and 实现[D]. 南京: 东南大学, 2016.
- [6] MICHAELER F, OLAVERRI-MONREAL C. 3D driving simulator with VANET capabilities to assess cooperative systems: 3DSimVanet [C]// 2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). Redondo Beach, USA: IEEE, 2017: 999-1004.
- [7] ARTAL-VILLA L, HUSSEIN A, OLAVERRI-MONREAL C. Extension of the 3DCoAutoSim to simulate vehicle and pedestrian interaction based on SUMO and unity 3D [C]// 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). France: IEEE, 2019: 885-890.
- [8] 唐金龙. 基于驾驶模拟器的 ADAS-HIL 虚拟测试平台开发与应用研究[D]. 西安: 长安大学, 2021.
- [9] SZALAI M, VARGA B, TETTAMANTI T, et al. Mixed reality test environment for autonomous cars using Unity 3D and SUMO [C]// 2020 IEEE 18th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMII). Herlany, Slovakia: IEEE, 2020: 73-78.
- [10] 魏朗, 田顺, SCHWARZ C, 等. 驾驶模拟技术在汽车智能技术研发中的应用综述[J]. 公路交通科技, 2017, 34(12): 140-150, 158.
- [11] 王雪平, 朱建国. 汽车驾驶模拟平台的运动分析[J]. 中国战略新兴产业, 2017(44): 126.

- [10] BALTSAVIAS E P. Airborne laser scanning basic relations and formulas [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 54(2-3): 199-214.
- [11] XU Shoukun, WANG Chao, ZHUANG Lihua, et al. DBSCAN clustering algorithm for the detection of nearby open clusters based on Gaia-DR2two [J]. Chinese Astronomy and Astrophysics, 2019, 43(2): 225-236.
- [12] 姜立标, 李静轩. 基于改进 Hough 变换与双点去除 R-最小二乘法的车道线检测优化算法[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(05): 2070-2076.
- [13] GRISETTI G, STACHNISS C, BURGARD W. Improving grid-based SLAM with rao-blackwellized particle filters by adaptive proposals and selective resampling [C]// IEEE International Conference on Robotics & Automation. Barcelona, Spain: IEEE, 2005: 2432-2437.