

本科生毕业设计（论文）开题报告

题　　目：三自由度VR运动平台设计与仿真

院　　系\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

计算机科学与技术学院

专业班级\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

计卓1601

姓　　名\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

陈新宇

学　　号\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

U201614921

指导教师\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

管涛老师

2020年3月 3 日**开题报告填写要求**

1. 开题报告主要内容：

1.课题来源、目的、意义。

2.国内外研究现况及发展趋势。

3.预计达到的目标、关键理论和技术、主要研究内容、完成课题的方案及主要措施。

4.课题研究进度安排。

5.主要参考文献。

1. 报告内容用小四号宋体字编辑，采用A4号纸双面打印，封面与封底采用浅蓝色封面纸（卡纸）打印。要求内容明确，语句通顺。
2. 指导教师评语、教研室（系、所）或开题报告答辩小组审核意见用蓝、黑钢笔手写或小四号宋体字编辑，签名必须手写。
3. 理、工、医类要求字数在3000字左右，文、管类要求字数在2000 字左右。
4. 开题报告应在第八学期第二周之前完成。

# 课题来源

结合实验室工程项目开展。

# 课题目的和意义

课题目的是在一个三轴运动平台上实现一个体感模拟系统，该系统主要包含两部分硬件平台，其一是三轴运动平台，其二是VR眼镜；软件方面主要包含输入数据模块，体感模拟[1]（Motion Cueing Algorithm, MCA）模块，数据输出模块，平台驱动模块，可视化仿真模块。该系统能够对输入的运动数据进行体感模拟，使用体感模拟得到的数据驱动三轴运动平台和VR眼镜，实现较好的体感模拟效果，还可以根据输入的运动数据实现三轴运动平台的可视化仿真。

课题的意义在于，较好的体感模拟将会在相关的娱乐项目中带来更加逼真的体验，如VR座椅。该项目完成的三轴运动平台的可视化仿真可以直观的看到体感模拟效果的好坏，而不需要链接真实硬件进行调试，为程序调试、算法调参带来便利。

# 国内外研究现况和趋势

早在1910年，第一个飞行模拟器Sanders Teacher诞生[2]。1960年代起，在阿波罗计划背景下，美国 NASA机构进行了大量关于体感模拟的研究[11]，发布了几个具有重要意义的体感模拟算法和模型。之后，诸如汽车驾驶模拟器、摩托车驾驶模拟器、坦克驾驶模拟器、舰船体感模拟器、列车驾驶模拟器等相继被开发出来[12]。

运动平台是体感模拟的硬件基础，一般由定平台（Fixed Platform）和动平台（Payload Platform）两部分组成。自由度最高为6自由度，包括三个方向的平动（forward/back, right/left, up/down）和三个方向的转动（纵摇：pitch，艏摇： yaw， 横摇：roll），D Stewart于 “A Platform With Six Degrees of Freedom”一文中提出stewart平台，由于其结构紧凑、承载能力强、运动学反解容易等优点被广泛使用。尽管运动平台历史已久，但是新的运动平台依然在发展着，“新型三自由度宏微运动平台设计与仿真分析”[13]提出了一种新型宏微运动平台，该平台采用直线电动机与压电陶瓷进行宏微双重驱动，采用直线光栅与平面光栅实现双闭环位置反馈与控制。“Multi-DOFs motion platform based on spherical wheels for unmanned systems”[16]一文中提出了一种新的六自由度运动平台的设计，该运动平台使用开环控制机制在横摇、纵摇、艏摇三个方向进行分析和验证，结果显示该运动平台拥有独立和无限的平移和旋转的运动能力。

由于大多数运动平台的运动范围有限，真实情况下载具的活动范围远远超出运动平台，同时又需使用户在运动平台中有贴近处于真实载具中的体验，使用体感模拟算法达到预期的体感模拟效果是必要的。体感模拟算法利用人体感知缺陷，在运动平台的物理限制之下，尽可能模拟出人体感知运动所需的因素，“欺骗”人体使得人体拥有相似的运动感觉[3]。主流的体感模拟算法为洗出算法，主要有经典洗出算法[4][5]、自适应洗出算法[6]、最优洗出算法[7]三种类型。随着体感模拟进入公众视野，各种各样的基于这三种算法进行的改进层出不穷。“Development of Cueing Algorithm Based on ‘Closed-Loop’ Control for Flight Simulator Motion System”[8]一文当中，就在经典洗出算法的基础上提出了采用“闭环”控制结构的新思路，与经典洗出算法做对比，提高了运动平台空间利用率和，降低了错误体感模拟，提高了算法可靠性。在“三自由度模拟运动平台洗出算法研究”[14]一文中也提出了新的洗出算法，利用 3-PRS 并联机构的牵连运动和人体感知系统的特点，在三自由度运动平台达到了良好的体感模拟效果。“A Decoupled Linear Model Predictive Control-based Motion Cueing Algorithm for Simulation-based Motion Platform with Limitted Workspace”[15]一文中提出了基于解耦线性模型预测控制的体感模拟算法，对比现存的基于耦合线性模型预测控制的体感模拟算法，减少了在真实车辆和SBMP（基于模拟的运动平台）驱动器里的运动感知错误，同时提高了有限线性运动平台的空间利用率。

# 课题目标

课题目标： 根据用户输入三自由度的运动数据（线加速度和角速度），驱动三自由度平台上和VR眼镜进行正确的体感模拟[10]；根据输入数据实现该三自由度运动平台的可视化仿真。

# 问题描述

整个系统拆分成以下5个模块，以及每个模块的具体设计如下：

1. 数据输入模块：

输入数据支持三个方向加速度，三个方向角速度，支持缺省配置和文件作为数据源，该模块将数据整理为便于运算的格式然后输入到体感模拟模块中。

1. 体感模拟模块：

采用洗出算法作为体感模拟模块的核心算法，将来自数据输入模块的运动数据（角速度和平动加速度）运用信号滤波器洗出得到运动平台的应有的位姿，输出给数据输出模块，这里给出经典洗出算法的流程图如图1，输入为 加速度 aA和角速度ωA ，输出为洗出位移（SI）和洗出角位移（βSL +βH ）。

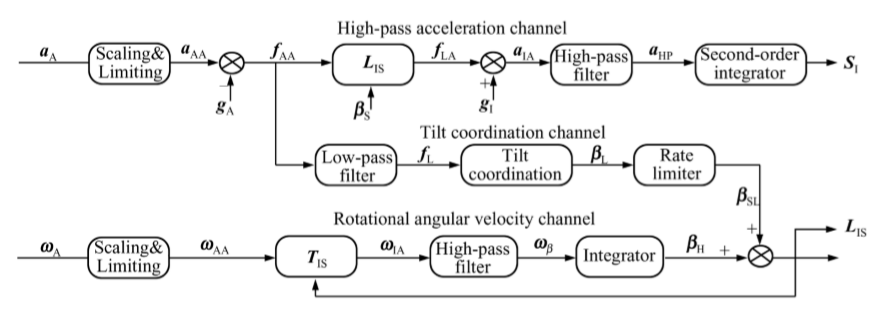


图 1 经典洗出算法流程图

1. 数据输出模块：

该模块主要完成将上一级得到的运动平台的姿态反解。首先将该运动平台进行坐标系的设定，得到在该坐标系下各部件的坐标，再根据约束条件求解该运动平台各个部件的真实运动数据，将反解后的数据和之前的姿态从该模块中流出，运动学反解的流程图如图2：

开始

输入运动平台的位移**T**和角位移**W**

建立定平台和动平台的坐标系

根据**T**和**W**确定运动平台各个关节部件的坐标

用各个部件的坐标获得它们的真实运动量

输出运动平台各个部件的真实运动量量

结束

图 2 运动学反解流程图

1. 平台驱动模块

该模块将得到的真实运动数据输入到相应的硬件平台，正确的驱动硬件平台，计算机上得到的相关数据可以使用串口通信，将相应的数据传输到三轴运动平台和VR眼镜中。

1. 可视化仿真模块

实现一个三自由度平台的可视化仿真，能够模拟横摇，纵摇，艏摇三种运动行为，该仿真模型会根据输入的运动数据实时改变。该模型的建立过程和仿真如下流程图：

开始

设定表面材质，由两者共同建立抽象物体，加入场景

从后端接收平台位置和姿态

将得到的位置姿态输入渲染函数并且成功渲染显示

建立物体几何形状，包括各个顶点坐标和表面信息

是否停止仿真？

结束

否

是

图 3 可视化仿真流程图

# 研究手段

* **需要深入研究的理论知识和实际技术：**

1. 经典洗出算法

主要了解其中重要部件滤波器的实现。

1. 姿态反解

主要了解坐标系的确定以及坐标转换，以位姿获得平台真实运动数据。

1. python网络编程框架flask

采用python语言的原由是其跨平台性以及对科学计算的良好支持。采用该flask框架的原由在于其高扩展性以及该课题对应的项目为轻量级的特性。

1. WebGL技术

主要涉及openGL库和Three.js框架（是一个流行的跨浏览器JavaScript 3D框架），以此完成可视化仿真。

* **研究方法：**

1. 查阅文献

通过阅读和该课题类似的文献，快速深入的了解该课题，随着对于课题的深入，会发现更多具体的问题，以发现的问题作为反馈进一步改进系统结构，同时考虑整个系统的技术栈的更新。

1. 复现研究相关开源项目

复现研究相关开源项目，可以更加了解实际实施起来会遇到的各种技术问题，并且已有的项目也可以作为实际实施的参考，采取的开发语言，项目框架等等。

1. 向师长请教

毕竟老师和学长这些方面有更加长时间的积累，遇到了不明白的地方老师和学长也可以给出非常恰当的指导。

1. 网络资源

网络里有很多很多合适的技术博客或者是官方文档，恰当的使用这些资源对课题的实施大有裨益。

# 风险分析

风险来源一：欠缺相关的理论知识；诸如洗出算法， 运动学正解反解，三维建模等。而且可能会遇到理解瓶颈，个人无法解决时需要请教师长。

风险来源二：课题实施有一定的技术难度；对于三自由度运动平台的相关开发没有任何经验，体感模拟、WebGL技术和VR相关内容是第一次接触，预计在实施过程中会遇到各种技术问题。

# 课题研究进度安排

本课题的完成在前期需要充分深入的了解课题，然后才便于开展相关工作，课题的推进，需要新的知识和相关的技术框架，这些了解是前期工作的重心。确定整个工作的构成后（包括每处技术框架的选用，相关算法的确定，以及课题最终的预想效果）则开始实施课题相关工作。

表 1　课题研究进度安排表

|  |  |
| --- | --- |
| 月份 | 工作任务 |
| 2019年2月  ~2019年3月 | 充分了解课题，阅读相关文献，完成开题答辩以及论文翻译； |
| 构建讨论具体课题的实施方案，然后开始课题实施初期（系统框架架构，可视化仿真）工作，开始实施后做好相关工作的日志记录； |
| 2019年4月  ~2019年5月 | 开展课题实施中期工作（数据输入，体感模拟，数据输出），途中遇到不可抗拒的问题，及时解决，若是本身实施方案的问题，则修改实施计划，重新开始。 |
| 开展课题实施后期工作（联调测试），确保能够达到预期目标，参考工作日志，完成撰写毕业设计最终文档； |
| 2019年6月 | 按照课题实施过程，完成答辩； |

# 主要参考文献

1. Motion Cueing Algorithms[EB/OL]. (2017-03-24)[2017-05-10]. <http://www.kyb.tuebingen.mpg.de/research/dep/bu/motion-perception-and-simulation/motion-cueing-algorithms.html.>
2. HAWARD D M. The sanders teacher[J]. Flight, 1910,2(50):1006-1007.
3. NAHON M A, REID L D. Simulator motion-drive algorithms-A designer's perspective[J]. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 1990,13(2):356-362.
4. REID L D, NAHON M A. Flight simulation motion-base drive algorithms: Part 1. Developing and testing equations[R].University of Toronto, 1985.
5. REID L D, NAHON M A. Flight simulation motion-base drive algorithms: Part 2. Selecting the system parameters[R].University of Toronto, 1986.
6. PARRISH R V, DIEUDONNE J E, MARTIN JR D J. Coordinated adaptive washout for motion simulators[J]. Journal of aircraft, 1975,12(1):44-50.
7. SIVAN R, ISH-SHALOM J, HUANG J. An optimal control approach to the design of moving flight simulators[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1982,12(6):818-827.
8. ZHU Daoyang,DUAN Shaoli,FANG Da.Development of Cueing Algorithm Based on “Closed-Loop” Control for Flight Simulator Motion System[J].Wuhan University Journal of Natural Sciences,2019,24(05):376-382.
9. FISCHER M, SEHAMMER H, PALMKVIST G. Motion cueing for 3-, 6-and 8-degrees-of-freedom motion systems[J]. DSC Europe, 2010
10. DENNE P. Motion platforms or motion seats[J]. Published September, 2004
11. PAGE R L. Brief history of flight simulation[J]. SimTecT 2000 Proceedings, 2000:11-17.
12. 肖慧琼. 六自由度平台体感算法研究[D]. 北京交通大学, 2014.
13. 张金迪,高健,钟耿君,张揽宇,王晓亮,王佳印.新型三自由度宏微运动平台设计与仿真分析[J].现代制造工程,2019(08):125-129.
14. 洪振宇,杨勇,张亚伟,许致华,张志旭.三自由度模拟运动平台洗出算法研究[J].机械科学与技术,2018,37(03):481-486.
15. M. R. Chalak Qazani, H. Asadi and S. Nahavandi, "A Decoupled Linear Model Predictive Control-based Motion Cueing Algorithm for Simulation-based Motion Platform with Limitted Workspace" 2019 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Melbourne, Australia, 2019, pp. 35-41.
16. S. Lee, S. Park and H. Son, "Multi-DOFs motion platform based on spherical wheels for unmanned systems" 2016 13th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), Xi'an, 2016, pp. 35-37.

**华中科技大学本科生毕业设计（论文）开题报告评审表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** |  | **学号** |  | **指导教师** |  |
| **院（系）专业** | |  | | | |
| **指导教师评语**   1. 学生前期表现情况。 2. 是否具备开始设计（论文）条件？是否同意开始设计（论文）？ 3. 不足及建议。 | | | | | |
| 指导教师（签名）：  年 月 日 | | | | | |
| **教研室（系、所）或开题报告答辩小组审核意见** | | | | | |
| 教研室（系、所）或开题报告答辩小组负责人（签名）：    年 月 日 | | | | | |