**北京航空航天大学计算机学院**

**学士学位论文开题报告**

**论文题目**：虚拟现实头眼协同对象操纵方法设计与实现

**专 业**：计算机科学与技术

**学 生**：刘兆薰

**学 号**：19373345

**指导教师**：王莉莉

**北京航空航天大学计算机学院**

2023年02月24日

目 录

[1. 论文选题背景与意义 2](#_Toc97078850)

[2. 国内外研究现状 4](#_Toc97078851)

[3. 论文的研究内容和拟采取的技术方案 8](#_Toc97078852)

[4. 论文研究计划 9](#_Toc97078853)

[5. 主要参考文献 10](#_Toc97078854)

**虚拟现实头眼协同对象操纵方法设计与实现**

# 论文选题背景与意义

虚拟现实（Virtual Reality）技术，简称VR，是一种利用计算机技术来模拟生活环境或创造虚拟现实的新型多媒体技术，是扩展现实（Extended Reality）技术的一个分支。目前主流的VR设备可利用头戴式显示器，按键式手柄或压力反馈手套，定位器和特定软件支持，建立起一个完全虚拟的三维空间。使用者在这个虚拟的环境里进行位置移动和动作改变时，计算机可以立即进行高度实时的、复杂的运算，将精确的三维世界影像传回产生临场感，让使用者身处完全的视觉环境中，并且可以进行形象的操作和交互。该技术整合了计算机图形学、仿真模拟、人工智能、传感器、网络以及并行计算等技术的最新发展成果，是一种高技术模拟系统。

VR已经在影视娱乐、教研教学、设计辅助等领域颇有建树，然而学界和工业界依旧留存着许多非常关键的问题亟待解决，比如如何高效准确并且无压力地进行虚拟环境中的物体控制和交互，如何提高虚拟环境中的图形渲染效率等，拥有非常大的研究价值。

在影视制作行业，VR主要通过构建出可与影视场景交互的虚幻三维空间场景，结合对观众的头、眼、手等部位动作捕捉，及时调整影像呈现内容，继而形成人景互动的独特体验。在网络直播行业，观众往往不能全方位了解传统的直播对象周围环境状况，无法切身感受现场氛围，而 VR 直播将活动现场还原到虚拟空间中，让观众可以身临其境地自由选择观看位置和角度，有极高的互动性。在数字展馆应用中，虚拟现实技术与展馆展示相结合，不仅体现了其开放、共享、多媒体呈现的特点，数字化呈现实体展的全部内容，还突破实体展的时空局限性，利用图文、视频、三维模型等深度资料，对重点展品进行延展和补充，加强了可视化的网络互动体验，使得展览内容更丰富和多样。在课堂教学中，虚拟现实技术可通过自然的交互方式，将抽象的学习内容可视化、形象化，为学生提供传统教材无法实现的沉浸式学习体验，提升学生获取知识主动性，实现更高的知识保留度。目前，教育已成为虚拟现实应用行业中发展最快也是最先落地的领域，随着政策的鼓励和市场的驱动，预计虚拟现实教育市场还将持续增长。在产品设计领域，以工业互联网或物联网平台为基础，虚拟现实已经成为实现数字孪生（Digital Twins）的核心技术之一。依托特定工具软件可以在虚拟空间中构建出与物理世界完全对等的数字镜像，成为将产品研发、生产制造、商业推广三个维度的数据全部汇集的基础，实现了数据信息与真实物理环境间的互动，为进行阶段性数据验证、业务流程参考的提供了重要支撑。

目前，虚拟现实已是预计增长潜力最大的高新技术之一。根据IDC研究公司在2018年发布的预测，在未来四年内，VR相关的投资将增长约20倍，具体表现为在2022年达到155亿欧元。此外，这项技术将成为企业数字化转型计划的关键。到2019年，企业在这一领域的支出将超过消费领域的支出；换言之，预计到2020年，超过一半的大型公司将有一个以VR为核心的战略。截至目前，至少有230家公司在开发VR相关产品。亚马逊（Amazon）、苹果（Apple）、Meta、谷歌（Google）、微软（Microsoft）、索尼（Sony）等互联网产品巨头都有专门的VR研发团队，为VR的未来提供了非常广阔的可能性。在未来，随着相关技术的继续发展和制造成本的逐步降低，VR势必会带来更强大的应用和市场潜力。

然而，就目前而言，限制VR普及和发展的较为直接的阻碍，除开较高的市场售价，则来自于其仍旧较低的易用性，即虚拟环境中对物体的操控和交互的准确度依旧不容乐观，或是操作指令和交互动作过于复杂繁琐。这个缺陷直接降低了用户对VR技术的接受度和使用期望。因此，VR中的对象操纵方法的优越性是提高其使用体验和普及度的基本问题之一。许多研究者已经进行了大量的研究，但仍有较大的提升空间。常规的对象操纵动作包括点击、按压、抓取、移动、释放等，其对应对象的直接具体表现主要为创建、销毁、位移、形变、旋转和缩放。对象操纵的速度、准确性、学习成本、使用压力和多样性将直接影响应用程序的效果，而在虚拟环境中实现高效且易用的对象操纵具有一定的挑战性。因此，本研究拟针对虚拟现实中对象操纵的关键问题进行研究，旨在提出相较于目前国际一流水准方法更加高效易用的基于头眼协同的虚拟现实对象操纵方法。

# 国内外研究现状

对象操纵是VR技术包含的基本且必要的交互行为之一。在过去的二十年里，国内外许多相关领域学者致力于研究基于扩展现实技术的对象操纵。扩展现实是一个总括性术语，包含了虚拟现实、增强现实、混合现实，以及三者之间的一切。针对对象操纵这一特定的研究主题，扩展现实的所有门类的研究成果皆可启发虚拟现实的更新发展。根据已有的研究内容，扩展现实中的对象操纵方法主要由以下九大思想构成：（1）基于手部（含手柄）动作的追踪；（2）基于语音的交互；（3）基于眼动的追踪；（4）基于头部动作的追踪；（5）基于脑电波（EEG）的分析；（6）基于面部动作的追踪；（7）基于足部运动追踪；（8）基于体态的追踪；（9）基于手臂动作的追踪。

其中，又以基于手部（含手柄）追踪、基于语音交互和基于眼动追踪的方法居多，占据了所有对象操纵相关研究的80%以上[1][2]。

在基于手部（含手柄）追踪的方法研究早期（20世纪末），学界主要的两大思路为在虚拟环境中延长用户手臂和射线广播（ray-casting）。虚拟延长手臂思路的代表研究来自于Ivan Poupyrev团队在1996年发表的Go-Go沉浸式交互方法[3]。Go-Go使用交互式增长用户手臂的元函数和非线性映射来指定和操纵远处的物体。与同时期的其他技术不同的是，Go-Go允许对附近的和远处的物体进行无缝直接操纵。然而，Go-Go技术提出的物体选择和操控模式并不能完全作为一个完整的交互方法来供人们使用； Go-Go应该被视为以同时期技术为基础的一个补充，而不能完全取而代之。射线广播的思路和虚拟延长手臂类似；射线广播的思路是将射线束从使用者的手中延伸出来，从而指定操纵物体。然而，射线广播思路存在比较明显的弊端。由于在射线广播的对象操纵中物体是被连接到射线末端的，所以除了以射线本身为轴可以完成的动作，许多操纵都是难以简单实现的，因为只有一个自由度（围绕射线轴的旋转）可以用射线广播的方式独立控制。比如，若用户希望以与射线方向垂直的轴向旋转一个物体，单纯以射线广播是无法完成的。此外，射线广播还缺乏一种控制物体与用户之间距离的方法，导致用户无法准确地将物体拉近或推远，而这也是对象操纵的基础功能之一。

# 论文的研究内容和拟采取的技术方案

本研究的主要内容和目标是：（1）探索比较多种头眼协同交互方法的优劣性；（2）确定一套高效易用的基于头眼协同的虚拟现实对象操纵方法；（3）确定针对操纵效率和易用性的评估指标；（4）根据评估指标对比目前国际一流方法（baseline）并作结果分析。

# 论文研究计划

* 2021.12 – 2022.2：阅读文献，分析国内外研究现状。
* 2022.2 – 2022.3：**Object-target视觉度量**
* 2022.2 – 2022.3：**操纵类型分配函数的构建和滤波器的构建**
* 2022.3 – 2022.4：确定方法的pipeline并做实验
* 2022.4 – 2022.5：论文撰写

# 主要参考文献

1. Mendes, Daniel & Caputo, Ariel & Giachetti, Andrea & Ferreira, Alfredo & Jorge, Joaquim. (2018). A Survey on 3D Virtual Object Manipulation: From the Desktop to Immersive Virtual Environments: Survey on 3D Virtual Object Manipulation. Computer Graphics Forum. 38. 10.1111/cgf.13390.
2. Radianti, Jaziar & Majchrzak, Tim A. & Fromm, Jennifer & Wohlgenannt, Isabell. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. Computers & Education. 147. 10.1016/j.compedu.2019.103778.
3. Poupyrev, Ivan & Billinghurst, Mark & Weghorst, Suzanne & Ichikawa, Tadao. (1998). The Go-Go Interaction Technique: Non-linear Mapping for Direct Manipulation in VR. Proc. of UIST'96.