

在建筑中的寻路行为： 一项比较研究 HMD 虚拟现实和桌面虚拟现实

王 晖

哈尔滨信息工程学院 黑龙江 哈尔滨 150000

摘要： 虚拟现实为研究多层建筑中行人的寻路行为提供了可能。尽管虚拟现实已越来越多地应用于研究行人行为，但仍不清楚不同的虚拟现实技术将如何影响多层建筑中的行为结果。该研究通过调查行人寻路行为 and 用户体验的差异，比较了采用不同虚拟现实技术进行行人寻路研究的情况。使用 HMD 虚拟现实或桌面虚拟现实对两组参与者进行了寻路实验。行人运动轨迹数据通过虚拟现实系统收集，用户体验数据通过问卷调查记录。这些数据可以直接比较和详细分析两种虚拟现实技术的行人行为和用户体验。结果表明，技术差异对寻路任务绩效和头部旋转变化有显著影响。然而，两组之间的路线选择、出口选择和用户体验总体上相似。这些结果提供了实证证据，支持研究人员在研究行人寻路行为时在沉浸式和非沉浸式 VR 之间进行选择。

关键词： 寻路行为路线选择；退出选择桌面 VR HMD VR；疏散人机交互

The way of searching in architecture: A comparative study of HMD virtual reality and desktop virtual reality

Wang Hui

Harbin Institute of Information Technology, Heilongjiang Harbin 150000

Abstract: Virtual reality provides possibilities for studying the path search behavior of pedestrians in multi-layer buildings. Although virtual reality is increasingly applied to research pedestrian behavior, it is still unclear how different virtual reality technology will affect the results of the behavior in multi-story buildings. The study compared the differences between the behavior of pedestrian road search and user experience, and compared the use of different virtual reality technologies for pedestrian road search research. The use of HMD virtual reality or desktop virtual reality conducted road search experiments on the two groups. Pedestrian sports trajectory data is collected through the virtual reality system, and user experience data is recorded through questionnaires. These data can directly compare and detailed pedestrian behavior and user experience of two virtual reality technologies. The results show that technical differences have a significant impact on the performance of road search tasks and head rotation. However, the selection and export selection between the two groups are generally similar to the user experience. These results provide empirical evidence, supporting researchers to choose between immersive and non-immersive VR when studying pedestrians.

Keywords: Selection of route behavior lines; exit selection desktop VR HMD VR; evacuation human-machine interaction

一、介绍

行人每天都在建筑物中进行寻路活动。寻路在这里被定义为一个决策过程，在这个过程中，行人确定到达目的地的路线并找到离开建筑物的出口。由于三维环境的复杂性，在大型和多层建筑（如火车站、医院和购物中心）中进行寻路可能很困难。也就是说，多层建筑中寻找路线和出口的复杂性因多层布局、复杂的空间结构、许多室内物体以及沿垂直距离移动而增加。在紧急情况下，行人路线和出口选择对他们的生存至关重要。

传统上，野外实验和调查已被广泛用于调查正常和紧急情况下的行人寻路行为。然而，这些方法在研究行人寻路行为的实验控制、成本和数据准确性方面存在限制。大多数实验研究集中在具有有限大小的实验区域的单级或简化环境中。因此，大多数实验条件都是传统行人寻路的特征研究与实际情况大相径庭，行人面临着更复杂的情况。此外，行为

数据的准确性在很大程度上受传感器设置和技术的影响，提取收集的数据通常需要大量的劳动力投资。此外，获得批准进行实地观察或创建人工实验环境既耗时又具有挑战性。此外，还存在道德和财务限制，以创造真实和紧张的情境，为参与者提供强烈的存在感，使他们充分参与并专注于任务。我们怀疑传统数据收集方法的现有限制（部分）导致缺乏对大规模和多层建筑中行人寻路行为的研究。为了克服传统数据收集方法的现有限制，使用虚拟现实（VR）来调查行人的寻路行为变得越来越流行。使用 VR，可以将参与者置于复杂或危险的环境中，这些环境成本高、压力甚至无法在现实世界中模拟。虚拟现实允许研究人员进行受控实验，这些实验由于其实验设计而具有较高的内部有效性，并由于高保真虚拟环境而提供增强的生态有效性。此外，它还提供了准确的可能性跟踪和记录与行人在复杂环境中的运动和选择行为相关的大量数据，如时间戳、行人运动轨迹、头部旋转和

眼睛运动。不同的虚拟现实技术已被用于研究行人的寻路行为,如头戴式显示器(HMD)、桌面VR和cave自动虚拟环境(CAVE)。尽管研究已经证明了虚拟现实在各种情况下研究行人行为的有效性,但一个未解决的问题是不同虚拟现实技术对行人寻路行为研究的适用性仍有待讨论。不同的虚拟现实技术具有不同的特点,它可能会导致人们对虚拟环境的不同感知和在虚拟环境中的不同行为。虽然虚拟现实技术越来越容易用于研究寻路行为,但研究人员对所采用的虚拟现实技术对其研究结果的影响的见解有限。迄今为止,只有少数研究使用不同的虚拟现实技术比较了行人的寻路行为或疏散行为。比如桑托斯等人。与HMD VR、Ruddle & Peruch相比,桌面VR的性能更好[39]朗奇等人发现HMD虚拟现实和桌面虚拟现实在寻路性能上没有差异。显示了隧道紧急情况下移动HMD和洞穴系统之间疏散行为的一致结果。然而,上述研究没有直接比较在各种寻路任务中使用不同VR技术对行人寻路行为的相同虚拟环境的呈现,并且它们的实验环境相对简单(即单级、有限大小和迷宫布局)。为了确定虚拟现实技术在大规模和多层次环境中对行人寻路行为的影响,有必要直接比较虚拟=现实技术在一个环境中对行人寻路行为 and 用户体验的影响。

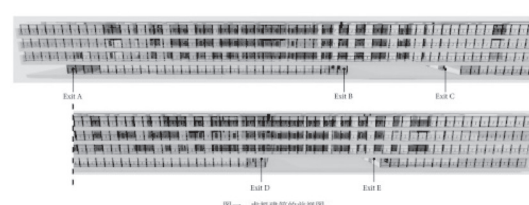
本文的目的是通过调查行人寻路行为和用户体验的差异,比较不同虚拟现实技术(即HMD虚拟现实和桌面虚拟现实)在行人寻路研究中的采用情况。HMD虚拟现实和桌面虚拟现实是两种越来越多地应用于研究行人行为的虚拟现实技术。与CAVE相比,CAVE非常昂贵,并且需要很大的空间来放置屏幕监视器或多个电视投影系统,HMD VR和桌面VR提供了具有成本效益的解决方案。此外,对CAVE系统的访问通常仅限于少数机构实验室,而HMD虚拟现实和桌面虚拟现实对有兴趣使用虚拟现实的更广泛的研究人员来说更容易访问和负担得起。同时,与HMD虚拟现实相比,桌面虚拟现实降低了实现技术复杂性,甚至提供了成本更低的现成替代方案。

二、材料和方法

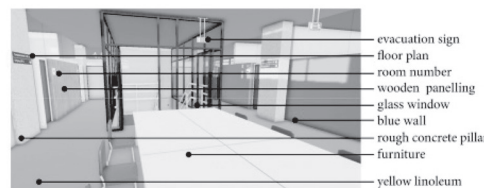
在当前的研究中,我们使用HMD虚拟现实和桌面虚拟现实设计并进行虚拟现实实验。

虚拟环境的特色是一个由四层楼组成的虚拟建筑。Fig. 1显示了虚拟建筑的前视图。每层都有两条平行的走廊、多个十字路口、四个楼梯和四部电梯。一楼有五个主要出口。这个虚拟环境最初是作为虚拟现实研究工具开发的,用于研究多层建筑中行人的寻路行为该VR工具是使用Maya和虚幻引擎4(UE4)开发的,该引擎支持自由导航并自动收集行人的行走轨迹、头部旋转和注视点。该虚拟建筑基于代尔夫特理工大学土木工程和地球科学学院的建筑。除了总体几何形状(即建筑物的内部布局、墙壁、自动扶梯和楼梯),虚拟环境中还包括详细的环境元素,以提高建筑物表现的准确

性并增加其真实感。魏斯曼确定了影响建筑物中行人寻路的四类环境要素,包括(1)视觉通道,它提供了从给定位置可以看到建筑物其他部分的视图,(2)建筑差异,即建筑物中物体在大小、颜色、位置等方面的差异。(3)提供识别或方向信息的标志,以及(4)建筑物的平面布局。为了实现这些元素,在虚拟建筑中相应地添加了详细的环境对象,即(1)代表视觉通道的玻璃窗,(2)代表建筑差异的各种家具,如椅子、橱柜和桌子,(3)代表标志的疏散标志、出口标志和房间号,以及(4)代表平面配置的平面图(参见Fig. 2)。虚拟环境中这些环境对象的颜色和纹理被建模为尽可能接近真实世界的体验。在虚拟环境中,参与者拥有第一人称视角。参与者的视点由虚拟摄像机表示。参与者可以在虚拟环境中以140 cm/s的最大恒定速度移动。该速度限制是基于试点测试确定的,试点测试是为了确保参与者可以具有与现实环境中相似的行走速度而不会导致模拟疾病。(如图所示)



图一。虚拟建筑的前视图。



图二。虚拟建筑中的细节视图。

三、数据收集与分析

实验期间收集了两类数据,即与参与者在虚拟现实环境中的运动有关的行为数据和与用户对虚拟现实系统的体验有关的问卷数据。为了确定两组之间行人行为数据和问卷数据的显著差异,采用了两步统计程序。首先,进行了沙皮尔-奥-维尔克检验来检验分布的正态性,这是一种适用于样本量低于50的正态性检验。其次,如果发现数据呈正态分布,则进行独立t检验以确定差异是否显著。否则,使用非参数曼-惠特尼U检验。对于所有统计分析,显著性水平设定为0.05。此外,还计算了效应大小。

每个参与者在虚拟环境中的行为都会被记录下来。参与者的位置、头部旋转(即偏航、俯仰和滚动)、凝视点以及时间戳以10 Hz的频率记录在UE4中。根据文献中识别的寻路行为度量(Section 2.1),这些数据被翻译成三种关于参与者寻路行为的衡量标准类型,即(1)参与者的决策(例如,寻路策略、路线选择和出口选择),(2)观察行为(例如,头部旋转和注视点),以及(3)寻路任务表现(即,行驶时间、行驶距离和行驶速度)。

四、结果

这项研究考察了由于采用 HMD 虚拟现实和桌面虚拟现实,参与者的寻路行为和用户体验的差异。从真实感、模拟病、现场感和系统可用性等方面对虚拟现实的用户体验进行了分析和比较。

如上所述,行人寻路行为可以基于三个级别的指标进行评估,包括决策、观察行为和寻路任务表现。使用这些指标,本节介绍了在虚拟现实实验中收集的行人行为数据的分析,即(1)行人路线和疏散出口选择,(2)观察行为,以及(3)寻路任务表现,由此可以看出结果。

五、讨论

本文旨在通过调查行人寻路行为和用户体验的差异,比较不同虚拟现实技术在行人寻路研究中的应用。使用 HMD 虚拟现实或桌面虚拟现实对两组参与者进行寻路实验。提出了四个假设,即在使用桌面虚拟现实和 HMD 虚拟现实的参与者之间,在(H1)路线和出口选择行为(即,寻路策略、路径使用、决策点、楼梯和出口)、(H2)观察行为(即,头部旋转和凝视点)、(H3)寻路任务表现(即,时间、速度和距离)和(H4)用户体验(即,真实性、现场感、模拟疾病和可用性)方面存在显著差异。本节讨论了行人行为和用户体验方面的实验结果,以回答上述假设 Sections 5.1 and 5.2,分别为:

(一)行人寻路行为的差异?

这项研究通过选择指标来描述虚拟现实环境中行人的寻路行为,即路线和出口选择行为(即寻路策略、路径使用、决策点、楼梯和出口)、观察行为(即头部旋转和凝视点)和寻路任务表现(即时间、速度和距离)。下面,讨论了与每个指标相关的发现,并与文献进行了比较。

(二)用户体验的差异?

这项研究通过四个评估来描述参与者的用户体验,即面部有效性、模拟疾病、现场感和可用性。下面,讨论了与每个问卷相关的结果,并与文献进行了比较。

(三)含义

基于这项研究的主要发现,我们强调了与行人寻路研究和人机交互,这项研究为行人寻路行为研究和人机交互提供了一些理论启示。首先,本研究提供了虚拟现实可用于在复杂和多层建筑中收集行人寻路数据的经验证据。与虚拟现实研究相比,虚拟现实研究的特点是环境更加简化,当前的研究表明,在具有高度实验控制的复杂环境中收集足够的行为数据,并让参与者以身临其境和引人入胜的方式体验虚拟世界是可能的。其次,这项研究确定,使用虚拟现实研究工具结合问卷调查,可以收集详细的行为数据(即运动轨迹、头部运动和凝视点)、个人特征(如年龄、性别和对虚拟现实的熟悉程度)和用户体验(即真实感、模拟病、临场感和可用

性),这在现实条件下很难实现。这证明了行人研究人员可以同时收集具有多维行为数据的综合数据集,并为研究人员提供了理解行人寻路行为的新视角。此外,本研究还提供了结合使用虚拟现实技术和问卷调查来研究行人寻路行为和人机交互的虚拟现实实验设计范例。最后,本研究表明,当应用虚拟现实研究行人行为时,定量研究人与技术之间的相互作用也是值得和重要的。人类在虚拟环境中的表现是受个人和虚拟世界的互动影响环境。对于之前调查人与VR技术之间交互的研究,有些是定性的或探索性的,或者只考虑了有限的视角。目前的研究结合了四种不同的问卷,并对这些观点进行了量化比较。与先前的VR比较研究,当前研究中的现实主义、模拟疾病、存在和可用性在HMD和桌面组之间总体上是相似的。在应用VR时,研究人员在对各种背景下人与VR技术之间的交互进行假设时,应该格外谨慎。这项研究确定了HMD和桌面组在寻路任务表现上的显著差异。桌面组的参与者在所有的寻路任务中导航速度更快,效率更高。与此同时,行人路线和出口选择行为(即寻路策略、路径、决策点、楼梯和出口的使用)在前两项任务和疏散任务中总体相似。我们的研究表明,对于多层建筑中“更简单”的寻路任务,可以使用更简单、更便宜的桌面虚拟现实有效地测量行人路线和出口选择行为。它表明,对于大规模虚拟环境,从增加沉浸感中获得的好处可能不像文献中建议的那样普遍。此外,两组之间的用户体验(即真实感、模拟病、现场感和可用性)总体上相似。这些发现意味着,调查“简单”寻路任务(即,需要较少的空间理解)的行人路线和出口选择行为的研究不需要局限于使用沉浸式虚拟现实。研究人员可以根据他们的预算、现有设备和技术支持,在HMD虚拟现实和桌面虚拟现实之间选择最佳实践。

参考文献:

- [1] N. W. F. Bode, A. U. Kemloh Wagoum, E. A. Codling, 虚拟人群疏散中人类对多个方向信息来源的反应.2015, 2, 120-127.
- [2] 潘洁.3ds Max&VRay 效果图方案设计与渲染从新手到高手[M].北京:清华大学出版社,2023.02.01.
- [3] 徐志平.Unity 3D 可视化VR应用开发实战(零代码版·微课视频版)[M].北京:清华大学出版社,2021:9-11.
- [4] E. Ronchi, D. Mayorga, R. Lovreglio, J. Wahlqvist, D·尼尔森,移动供电的头戴式显示器与用于疏散研究的洞穴自动虚拟环境实验,计算机科学与技术.动画.虚拟世界.30(2019)鄂1873号 <https://doi.org/10.1002/cav.1873>.
- [5] G. 为理解人类建筑的相互作用将虚拟环境中的热感知与物理环境进行比较.信息学.36(2018)254-263, <https://doi.org/10.1016/j.aci.2018.04.008>.