

文章编号: 1006-8309 (2008) 02-0005-04

桌面虚拟现实系统的眼动评测

任衍具^{1,2}, 禡宇明¹, 傅小兰¹

(1. 中国科学院心理研究所 脑与认知科学国家重点实验室, 北京 100101;
2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要:利用 Eye Link II 眼动仪视频叠加的方法, 记录 12 名大学生被试操作虚拟现实软件过程中的行为和眼动指标, 考察了被试在化身和方向键两种版本的桌面虚拟现实系统中的浏览行为。结果表明, 化身组和方向键组的被试在浏览时间、注视点总数、平均注视时间上无显著差异; 方向键组被试比化身组被试更多地注视操作区域 (化身或方向键), 意味着方向键版本需要更多的操作和控制; 化身组和方向键组被试都表现出明显的学习效应。本研究表明眼动视频叠加是评估虚拟现实系统有效手段。

关键词:桌面虚拟现实系统; 化身; 方向键; 眼动; 视频叠加

中图分类号: B849 **文献标识码:** A

Evaluating Desktop Virtual Reality System by Eye Movement Tracking

REN Yan - ju^{1,2}, XUAN Yu - ming¹, FU Xiao - lan¹

(1. State Key Laboratory of Brain and Cognitive Science, Institute of Psychology,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: By recording 12 undergraduates' behavioral and eye movement indices in video overlay mode of Eye Link II when they were interacting with the virtual reality system, the present study examined users' browsing behavior in the avatar version and the direction key version of a desktop virtual reality system. The results showed that there were no differences in browsing time, total fixation number and average fixation duration between avatar group and direction keys group. Users in the direction key group gazed at the area of direction keys more often than users in the avatar group gazed at the area of avatar, which suggested that the direction key version required more operations and controls. Obvious learning effect was observed in both avatar group and direction key group. This study suggested that eye movement tracking with video overlay was an effective method for evaluating virtual reality system.

Key words: desktop virtual reality system; avatar; direction key; eye movement; video overlay

1 引言

虚拟环境是由计算机硬件、软件以及各种传感器所构成的三维信息的人工环境, 它能提供给用户丰富的感知体验, 使用户可以在其中与其他对象交互并进行各种活动^[1]。由于桌面虚拟环境不具有沉浸式虚拟环境那样强的沉浸感, 因此,

设计者往往采用“化身”来增强其沉浸感。“化身”源于梵语, 大致的意思是“人体中灵魂的体现”, 常用来表示虚拟空间中的人物^[2]。在许多游戏软件中, 用户往往借助化身或方向键在三维空间中浏览并与其他对象进行交互。

实现用户和虚拟环境之间自然而高效的交

基金项目: 中国科技部 973 项目 (2002CB312103); 国家自然科学基金重点项目 (60433030); 青年科学基金项目 (30500157)

作者简介: 任衍具 (1977 -), 男, 山东微山人, 博士研究生, 研究方向: 可用性评估、视觉认知、知觉与信息整合, (电话) 010 - 64837210 (电子信箱) renyj@psych.ac.cn

互是虚拟现实技术成功应用的关键^[3],而用户能够快捷、方便地在三维空间中浏览则是自然而高效的交互的一个基本要求。一些研究考察了化身在虚拟环境中的应用,如 Takahashi等人考察了化身对交流行为的影响^[4],Lee等人提出了通过整合虚拟现实和化身来建构智能网络购物商场的决策支持系统的方法^[5],还有一些研究关注虚拟环境的可用性设计^[6~8],但很少有研究考察化身和方向键对虚拟环境中用户浏览行为的影响。

近年来,一些研究者将眼动技术用于人机交互的研究,试图理解交互过程中用户的行为,以改进界面设计,提高交互效率^[9,10]。但这些研究评测的对象主要是传统的图形用户界面,很少有研究采用眼动技术对虚拟现实系统进行评估。这可能是因为眼动仪的常规测试模式难以将用户使用虚拟现实软件的过程和伴随的眼动数据对应起来。本研究使用 Eye Link II眼动仪,采用视频叠加的方法,将用户的眼动行为和操作软件的过程进行叠加,考察桌面虚拟现实系统(儿童娱乐城)中化身和方向键对用户浏览行为的影响。

2 方法

2.1 被试

12名大学生(男4名,女8名)参加本实验,平均年龄22周岁。视力(或矫正视力)正常。有一定游戏操作经验。实验结束后给予一定报酬。

2.2 仪器设备与测试软件

实验装置分布如图1所示。Eye Link II眼动仪一台,采样频率为500Hz。配有两台计算机,其中主控机器用于主试监控和记录实验数据,被试机器用于呈现刺激材料,也是测试软件运行的机器,两台机器通过以太网连接。采用视频叠加方法,一台配有1394卡的记录机器,通过视频转换设备与主控机器相连,它将被试操作软件的过程和眼动数据叠加在一起,记录成视频的格式加以储存(图2)。测试软件是两种版本的儿童娱乐城(Child Heaven)(图2,被试操纵的软件界面上没有方框、注视点和时间标签,图中显示的是叠加后记录的结果),该软件由中国科学院软件研究所开发集游戏、娱乐、学习和益智于一体的虚拟现实系统,以鼠标作为输入设备。儿童娱乐城包括“学习室”、“娱乐室”和“音乐室”。

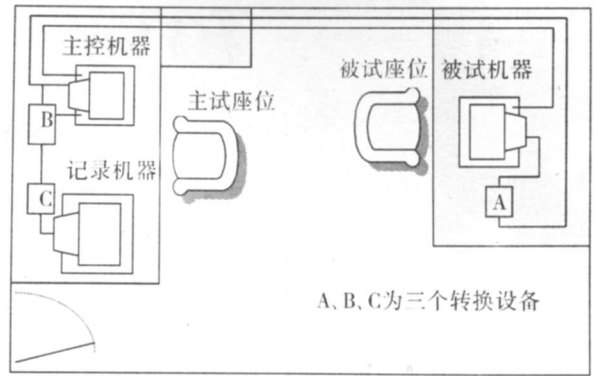
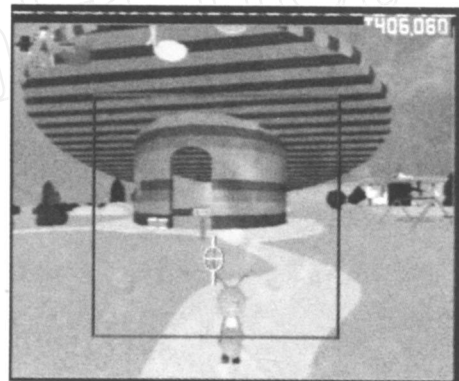
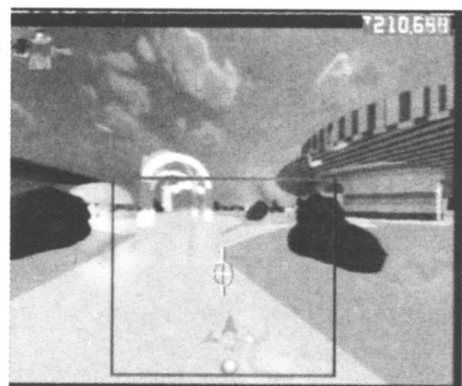


图1 实验装置分布



a 化身版本



b 方向键版本

图2 不同版本的儿童娱乐城软件

2.3 实验设计与程序

采用单因素的被试间设计。自变量为软件的两版本,即化身版本(图2a)和方向键版本(图2b);因变量包括行为指标和眼动指标。将12名被试随机分成两组(化身组和方向键组),每组6人。实验程序如下:首先介绍该软件,要求被试从“大门”进入,尽快浏览三个游戏室,然后回到“大门”处结束任务;其次,采用9点校准程序进行校正和精度确认,待校正和精度确认均达到Good级

水平后进行实验,要求被试在实验过程中尽量保持身体和头部姿势固定不变。

方向键组有 1 名被试的眼动数据缺失, 11 名被试完成浏览任务的各个指标值如表 1 所示。

3 实验结果

表 1 被试完成浏览任务的过程中的各个指标值 (括号内为标准差)

组别	浏览时间 (s)	总的注视点数	兴趣内注视点的百分数 (%)	平均注视时间 (ms)	兴趣区内注视时间的百分数 (%)
化身组	494.17(173.68)	1163.50(478.00)	31.48(6.59)	345.87(29.67)	34.50(8.69)
方向键组	667.80(168.50)	1662.40(434.80)	41.60(5.57)	348.58(54.69)	43.00(4.06)

3.1 完成任务的时间

化身组被试的浏览时间在数值上少于方向键组被试的,但差异不显著。

3.2 眼动指标

将实验中方向键或化身在屏幕上的大致位置定为兴趣区。

两组被试总的注视点数差异不显著;但兴趣区内注视点数占总注视点数的百分数差异显著, $t(9) = 2.762, P = 0.022$,化身组在兴趣区内

注视点占的百分数少于方向键组的。

两组被试平均注视时间差异不显著;但兴趣区内注视时间占总注视时间的百分数差异达到边缘显著水平, $t(9) = 2.133, P = 0.069$,化身组在兴趣区内注视时间占的百分数少于方向键组的。

3.3 学习效应

将被试的浏览时间平分为前后两部分,比较眼动指标的变化趋势(表 2),以考察学习效应。

表 2 浏览过程的前后两部分的眼动指标 (括号内为标准差)

组别	兴趣区内注视点的百分数 (%)		兴趣区内注视点的百分数 (%)	
	前半部分	后半部分	前半部分	后半部分
化身组	44.50(9.90)	16.70(12.00)	48.30(10.20)	17.50(12.60)
方向键组	45.60(8.30)	37.80(12.70)	46.40(8.10)	40.00(13.50)

以软件版本为被试间变量,以前后两部分兴趣区内注视点占的百分数为被试内变量进行重复测量的方差分析,结果发现,版本的主效应显著, $F(1, 9) = 7.27, P = 0.025$;前后两部分之间的差异显著, $F(1, 9) = 6.05, P = 0.036$;二者之间的交互作用不显著。

以软件版本为被试间变量,以前后两部分兴趣区内注视时间占的百分数为被试内变量进行重复测量的方差分析,同样发现,版本的主效应边缘显著, $F(1, 9) = 4.95, P = 0.053$;前后两部分之间的差异显著, $F(1, 9) = 5.63, P = 0.042$;二者之间的交互作用不显著。

4 讨论

虽然两组被试的浏览时间差异不显著,但是化身组的浏览时间在数值上少于方向键组的。其原因可能是由于操纵化身和方向键的灵活程度不同引起的:化身更具有直接操纵的性质,被试可以通过鼠标直接拖拽化身;而方向键有四个方向键和一个停止键,被试在浏览过程中,需要不断地在五个键之间进行转换,对速度的控制还需要多次点击相应的方向键。

两种条件下总的注视点数差异不显著。但

化身组在兴趣区内注视点占的百分数显著低于方向键组的;注视时间也有类似的规律,尽管两种条件下的平均注视时间相当,但是化身组在兴趣区内注视时间占的百分数显著低于方向键组的。这些结果意味着,方向键版本比化身版本可能需要更多的注意资源,需要更多的操作和控制。

在浏览过程中,被试表现出明显的学习效应。在浏览过程的后半部分,被试在兴趣区内注视点所占的百分数少于前半部分,被试在浏览过程的后半部分对兴趣区内注视时间所占的百分数也少于前半部分。这意味着在浏览过程的后半部分,化身或方向键对被试注意资源的需求减少了。尽管在两种指标上,版本与前后部分之间的交互作用未达到显著水平,但是从数值上可以看出使用化身版本的被试表现出更大的学习效应。

本研究利用 Eye Link II 视频叠加的方法,为动态的虚拟三维环境的可用性评估提供了尝试。但也存在一些不足之处,首先,本研究的被试量比较少,未来的研究有必要增加被试量;其次,有研究表明年龄是影响用户浏览行为的一个重要因素^[6,7],本研究以大学生为被试对开发过程中的儿童娱乐城软件的可用性进行的预评估,未来的

研究有必要以儿童为被试进行评估。

5 结论

(1)化身组和方向键组的被试在浏览时间、注视点总数、平均注视时间方面是相似的;方向键组被试比化身组被试更多地注视操作区域,表明方向键版本需要更多的操作和控制;化身组和方向键组被试都表现出明显的学习效应;

(2)眼动视频叠加是评估虚拟现实系统有效手段。

参考文献:

[1] 纪连恩, 张凤军, 付永刚, 等. 虚拟环境下基于语义的三维交互技术 [J]. 软件学报, 2006, 17(7): 1535 - 1543.

[2] Spear B. Virtual Reality: Patent Review [J]. World patent Information, 2002, 44(24): 103 - 109.

[3] Hand C. A Survey of 3D Interaction Techniques Computer Graphics Forum [J], 1997, 16(5): 269 - 281.

[4] Takahashi T, Bartneck C, Katagiri Y, et al TeMeA - Expressive Avatars in Asynchronous Communications [J]. International Journal of Human - Computer Studies, 2005, 62(2): 193 - 209.

[5] Lee K C, Chung N. A Web DSS Approach to Building An Intelligent Internet Shopping Mall by Integrating Virtual Reality and Avatar [J]. Expert Systems with Applications, 2005, 28(2): 333 - 346.

[6] Sayers H. Desktop Virtual Environments: a Study of Navigation and Age [J]. Interacting with Computers, 2004, 16(5): 929 - 956.

[7] Cutmore T, Hine T, Maberly K, et al Cognitive and Gender Factors Influencing Navigation in a Virtual Environment [J]. International Journal of Human - Computer Studies, 2000, 53(2): 223 - 249.

[8] Parush A, Beman D. Navigation and Orientation in 3D User Interfaces: the Impact of Navigation Aids and Landmarks [J]. International Journal of Human - Computer Studies, 2004, 61(3): 375 - 395.

[9] Renshaw J A, Finlay J E, Tyfa D, et al Understanding Visual Influence in Graph Design through Temporal and Spatial Eye Movement Characteristics [J]. Interacting with Computers, 2004, 16(3): 557 - 578.

[10] Lorigo L, Pan B, Hembrooke H, et al The Influence of Task and Gender on Search and Evaluation Behavior Using Google [J]. Information Processing and Management, 2006, 42(4): 1123 - 1131.

[收稿日期] 2007 - 04 - 14

[修回日期] 2007 - 06 - 18

(上接第 50 页)

[3] Yang J, Yang W, Denecke M, et al Smart Sight a Tourist Assistant System [C]. 3rd International Symposium on Wearable Computers San Francisco: ACM Press 1999: 73 - 78.

[4] Rist T, Brandmaier P, Herzog G, et al Getting the Mobile Users in: Three Systems That Support Collaboration in an Environment with Heterogeneous Communication Devices [C]. Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces Italy: ACM Press 2000: 251 - 254.

[5] Kim J W, Kim C S, Gautam A, et al Location - Based Tour Guide System Using Mobile GIS and Web

Crawling [M]. Lecture Notes in Computer Science, Vol 3428 Kwon Y J, Bouju A, Claramunt C. web and Wireless Geographical Information Systems Heidelberg: Springer, 2005: 51 - 63.

[6] Anneg H, Kunzier H, Michelmayr E, et al Designing a Location Based UMTS Application [J]. Electrotechnik and Informationstechnik, 2002, 119(2): 48 - 51.

[7] Kray C, Laakso K, Elting C, et al Presenting Route Instructions on Mobile Devices [C]. Proceedings of the International Conference on Intelligent User Interfaces 2003. Miami Beach: ACM Press 2003: 117 - 124.

[收稿日期] 2006 - 10 - 07

[修回日期] 2007 - 01 - 24