

Get a Grip: Evaluating Grip Gestures for VR Input using a Lightweight Pen

李念龙, 韩腾, 田丰, 黄进, 孙铭会, Pourang Irani, Jason Alexander

主要联系人: 李念龙 手机号: 15611566201

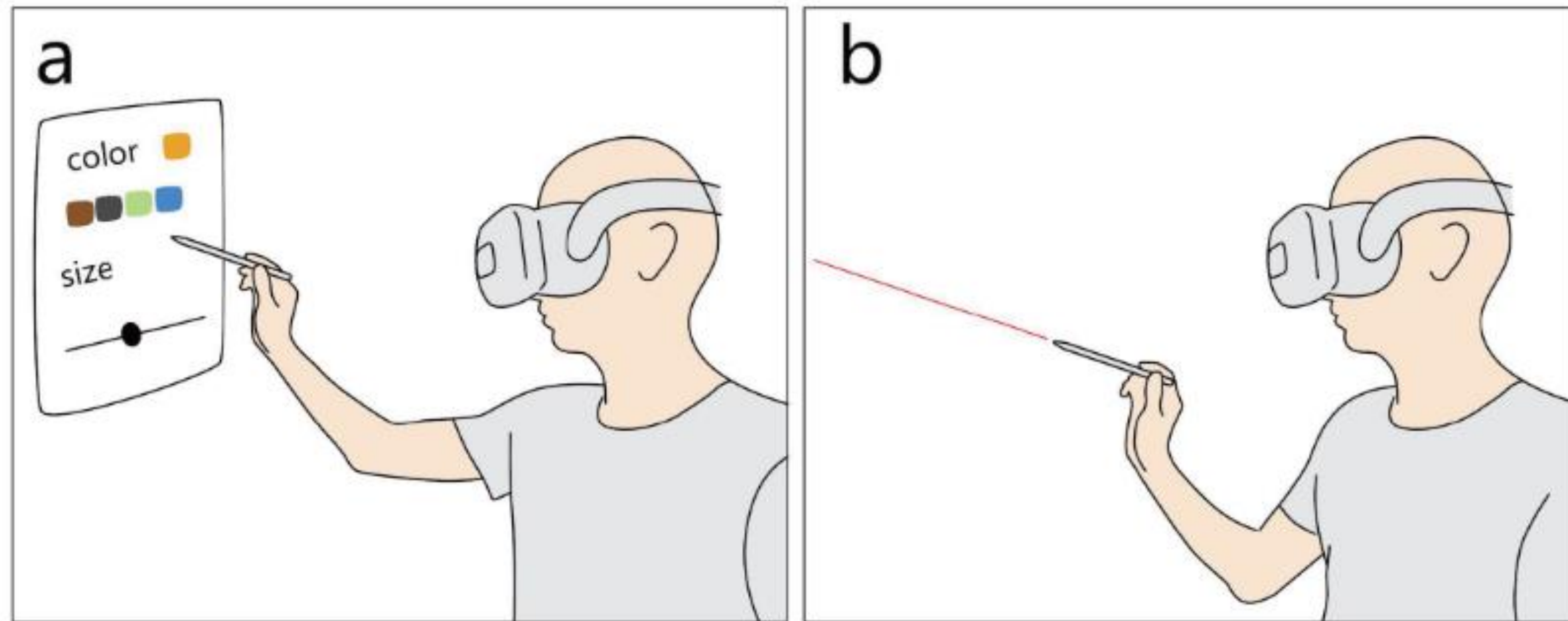
邮箱: nianlong2016@iscas.ac.cn

论文题目: 笔作为虚拟现实中输入设备的握姿评估

ACM CHI 2020 Honorable Mention Award

问题产生

- 随着虚拟现实(VR)技术在数据分析、艺术创作、医疗培训等领域的广泛应用,对输入精度的要求越来越高。目前常用的手持控制器,如HTC Vive和Oculus Rift,主要利用手腕的旋转,输入精度有限。
- 笔作为常用的书写工具,能够很好地运动手腕,并发挥手指的灵活性。尽管在VR中使用笔形态的控制器并不新奇,然而在此之前,人们对它在指向、选择等一些基本交互任务中的表现知之甚少。



研究概述

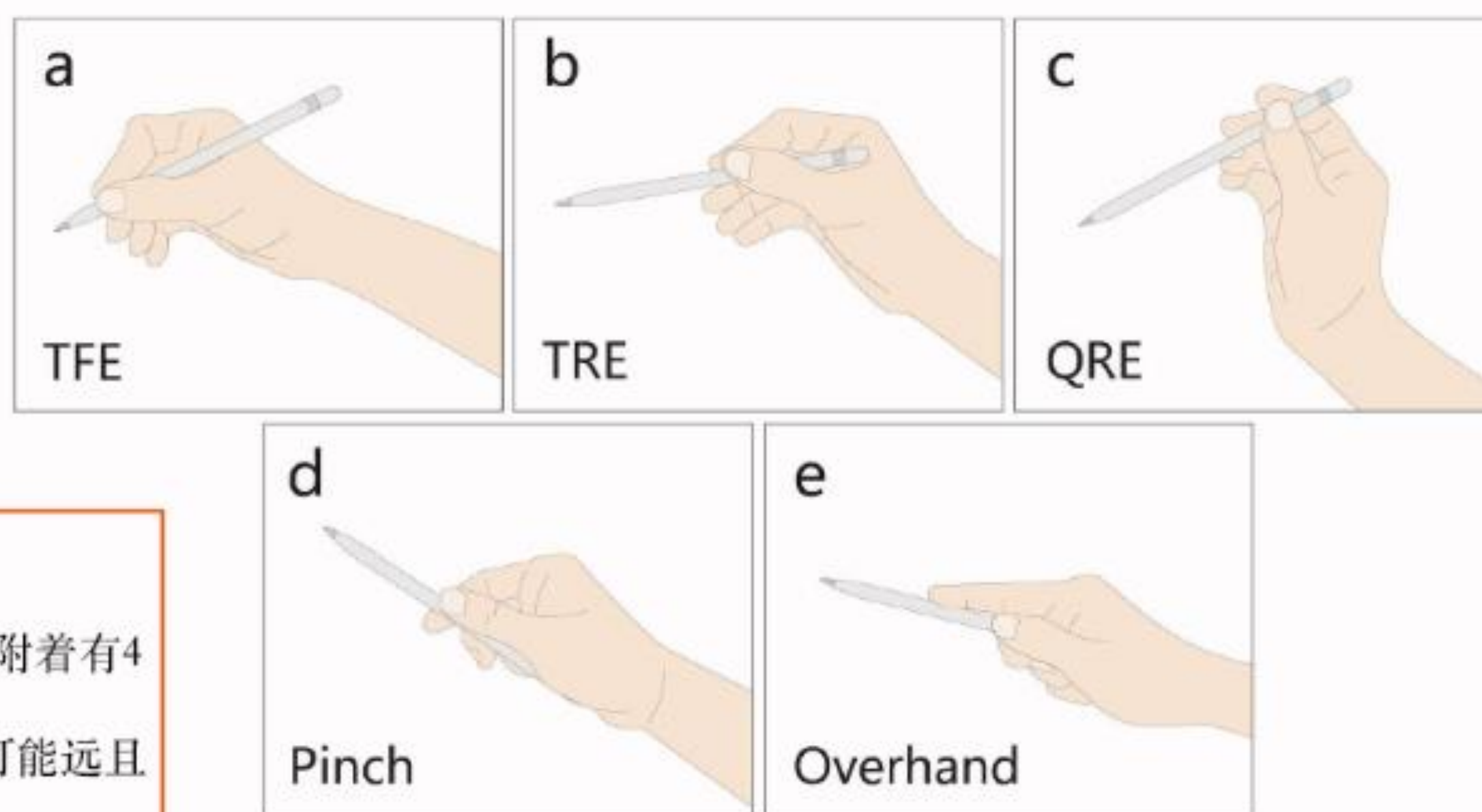
- 本研究旨在探索VR下将笔作为输入设备,充分发挥手指的灵活性,解决VR下高精度输入的问题。
- 本项目通过对比五种常见握笔姿势,确定了笔杆末端握法是一种最合适的握姿,使得在空中朝不同方向的舒适运动范围最大。
- 与此同时,通过与典型的手柄握姿对比,评估末端握法在VR目标选择任务中的效率,包括近距离点选操作与远距离的射线选择。结果表明该种握姿能够有效缩短选择时间,但长时间使用会带来疲劳。
- 研究最后通过展示握姿切换、笔势操作,以及手眼一致性三个应用场景,探讨了在VR下基于笔输入的交互设计以及潜在的交互可能。

实验介绍 (一) ——用户握笔姿势研究

常见握笔姿势

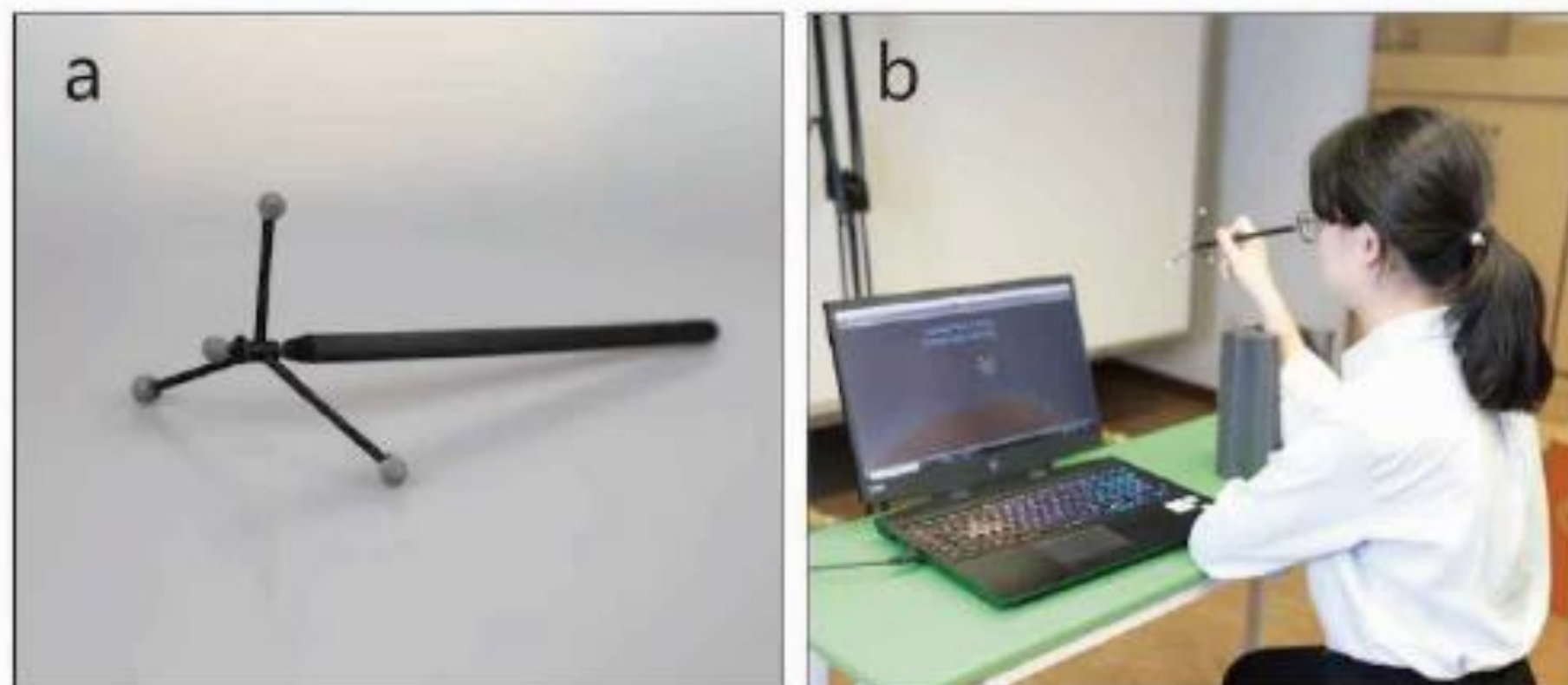
为了确定一种空间中最舒适有效的握姿,我们首先根据已有研究以及用户日常艺术创作归纳出五种常用握笔姿势:

- 正常书写握笔: Tripod at Front End (TFE)
- 握笔靠近笔末端: Tripod at Rear End (TRE)
- 毛笔五指执笔: Quadropod at Rear End (QRE)
- 横向握笔: Pinch
- 上握式握笔: Overhand



实验设置

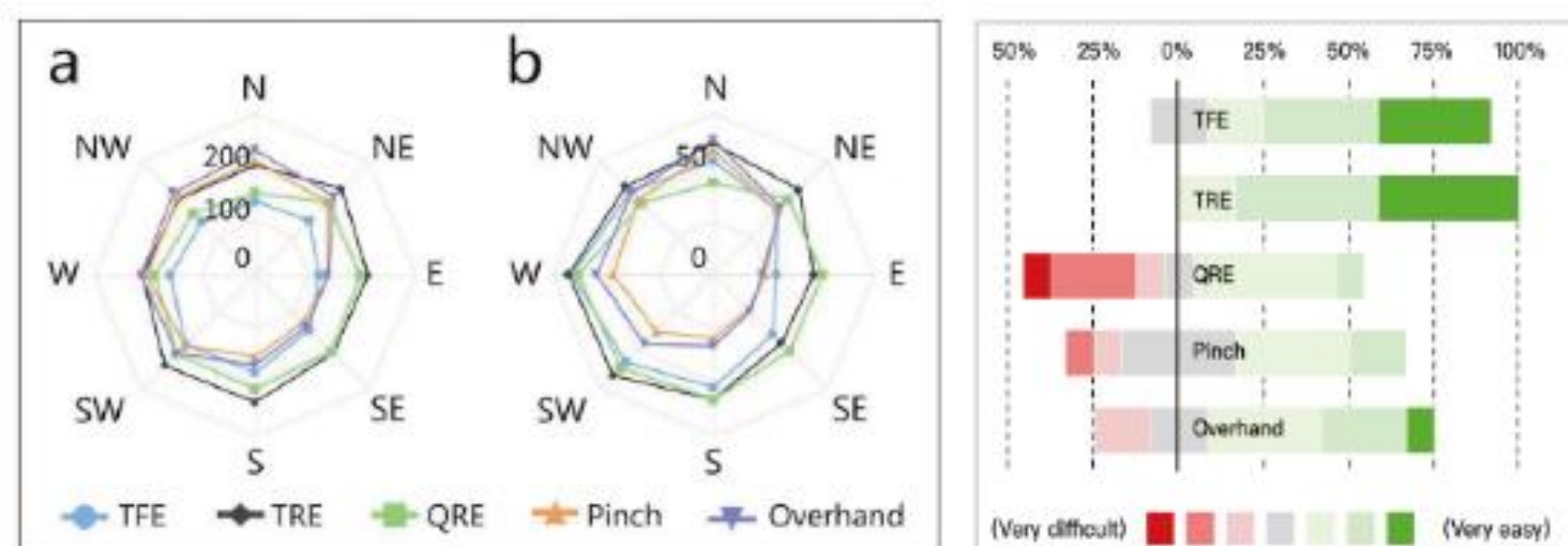
实验所用笔设备参照Apple Pencil模型3D打印,长为178mm,半径为9mm,并附着有4个荧光标记点,通过OptiTrack设备追踪。测试者需要固定手腕,仅依靠手腕和手指,分别使用上述五种握笔姿势,尽可能远且舒适地朝八个不同方向运动,记录笔尖空间位置以及笔身方位角。



实验结果

我们分别计算了笔尖运动的欧氏距离以及笔身最大方位角变化,并用NASA-TLX量表评估用户主观反馈,结果表明:

- TRE握笔姿势在绝大多数方向上的最远移动距离和最大移动倾角都优于其他握笔姿势。
- 用户更容易控制笔朝上、下两个方向运动,但是朝右移动是困难的,这也与我们的经验相符。
- TRE握笔姿势与TFE握笔姿势对用户更容易掌握。



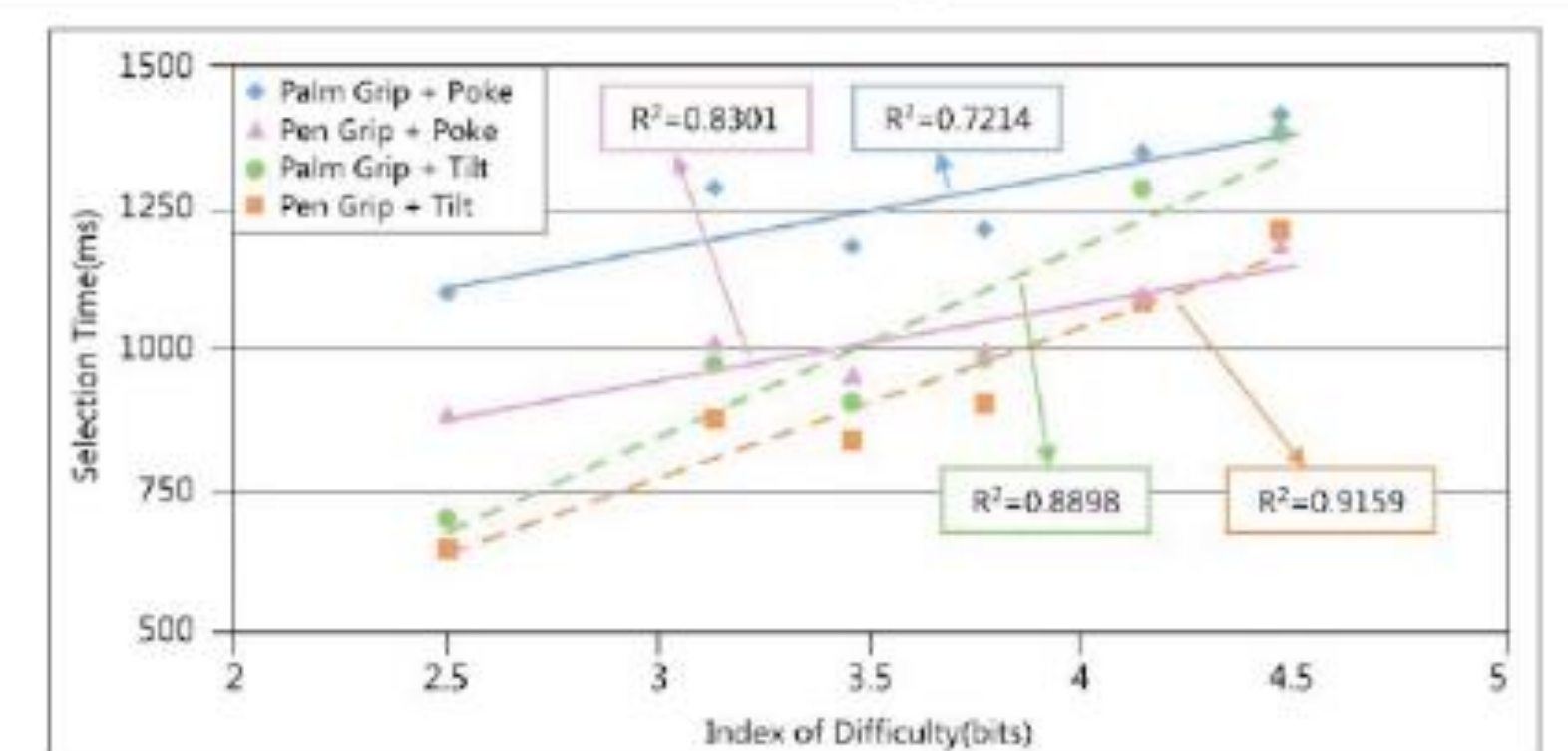
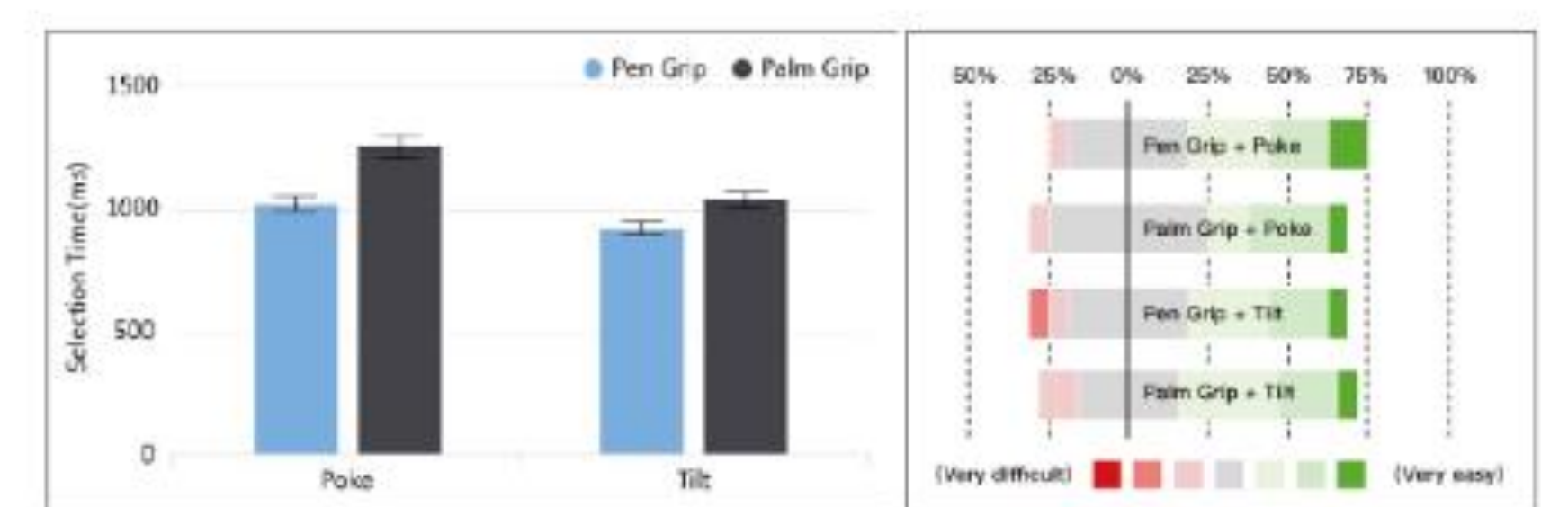
实验设置

实验分为Poke选择与Tilt选择两个阶段,采用ISO 9241-9标准目标选择测试,用户需要从13个球形目标中选择指定目标。实验用笔与实验一致。除了分别使用笔握姿输入与手柄握姿输入外,目标大小分别设置为(0.018, 0.03), (0.054, 0.09), 目标距离分别设置为(0.14, 0.30, 0.38), (0.42, 0.90, 1.14), 单位均为米,对应Fitts' IDs为(2.50, 3.13, 3.46, 3.77, 4.14, 4.47)

实验结果

我们记录用户选择过程中的选择时间、错误率,主观反馈,并用Fitts'模型拟合,结果表明:

- 在Poke操作与Tilt操作中,使用笔握姿输入都能够有效减少用户选择目标时间。
- 在Poke操作中,使用笔输入的错误率更低,由于Tilt操作使用停顿的确认机制,因此没有统计错误率。
- Poke操作使用Fitts'模型的拟合度不高, Tilt操作拟合R2值在0.88以上,且随着ID增加,笔输入效率更高。
- 尽管笔输入提高了交互效率,但用户反映长时间使用疲劳度也会随之增加。



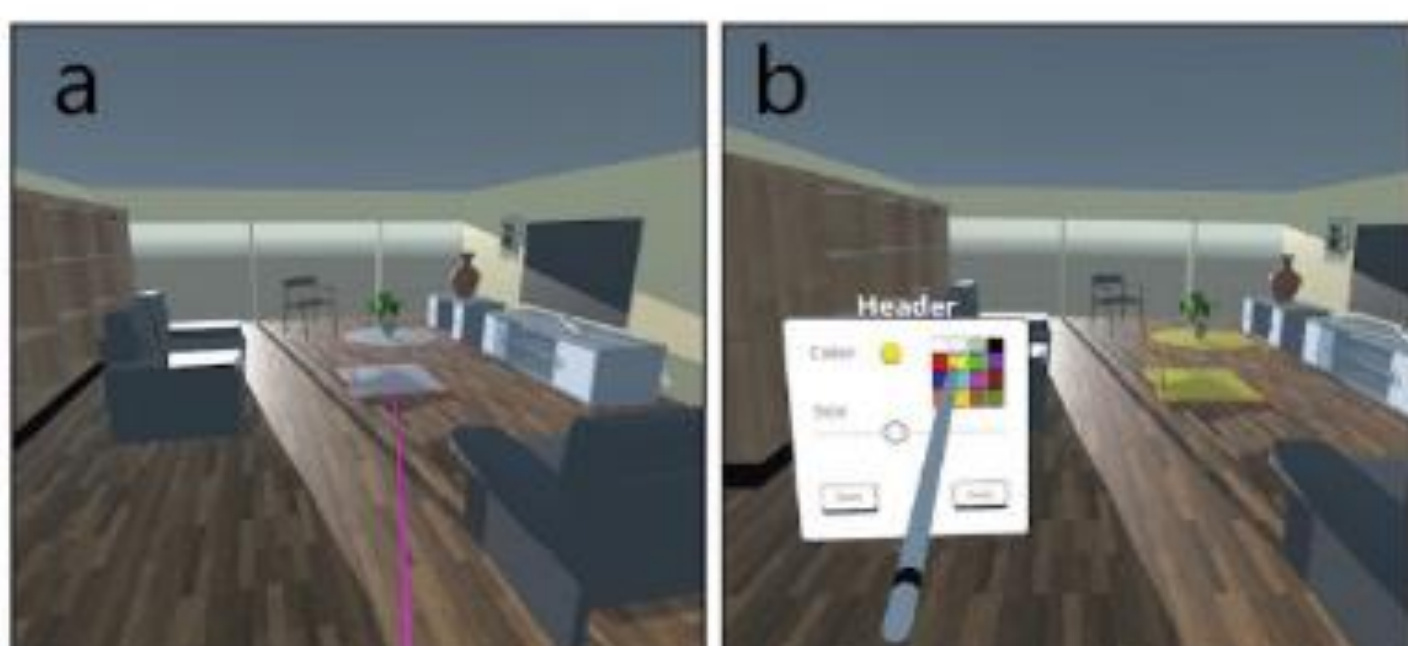
输入方式

本研究旨在探索笔握姿输入与目前商用控制器握姿输入在VR目标选择任务中的交互效率对比。笔握姿采用TRE,控制器握姿使用手掌握。考虑到在VR中常用的两种交互隐喻:虚拟手与虚拟射线选择,我们定义了Poke与Tilt两种输入方式:

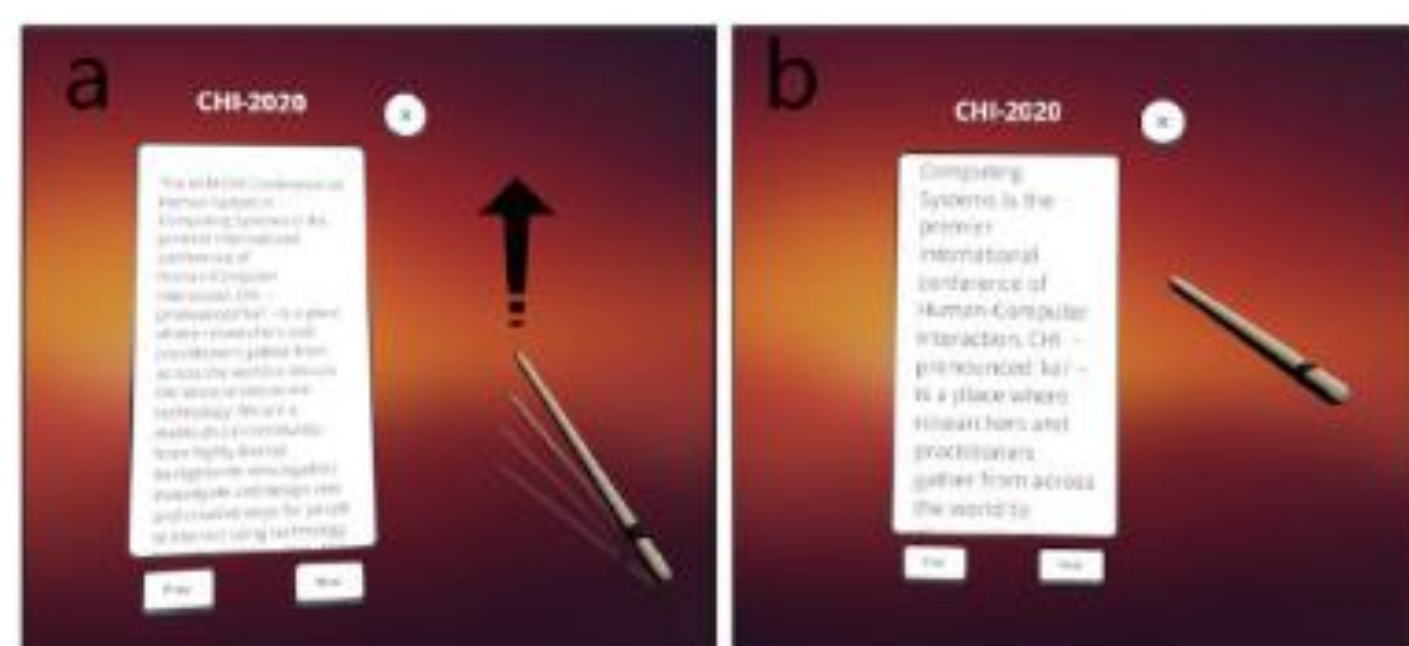
- Poke: 这一动作类似于触摸屏,但是用户不会感知到任何触觉反馈,通常不需要触发机制。
- Tilt: 该动作通常与射线一起使用,用于远距离目标选,通常需要按钮或停顿来确认用户的选择。

实验介绍 (二) ——VR中笔握姿势输入效率研究

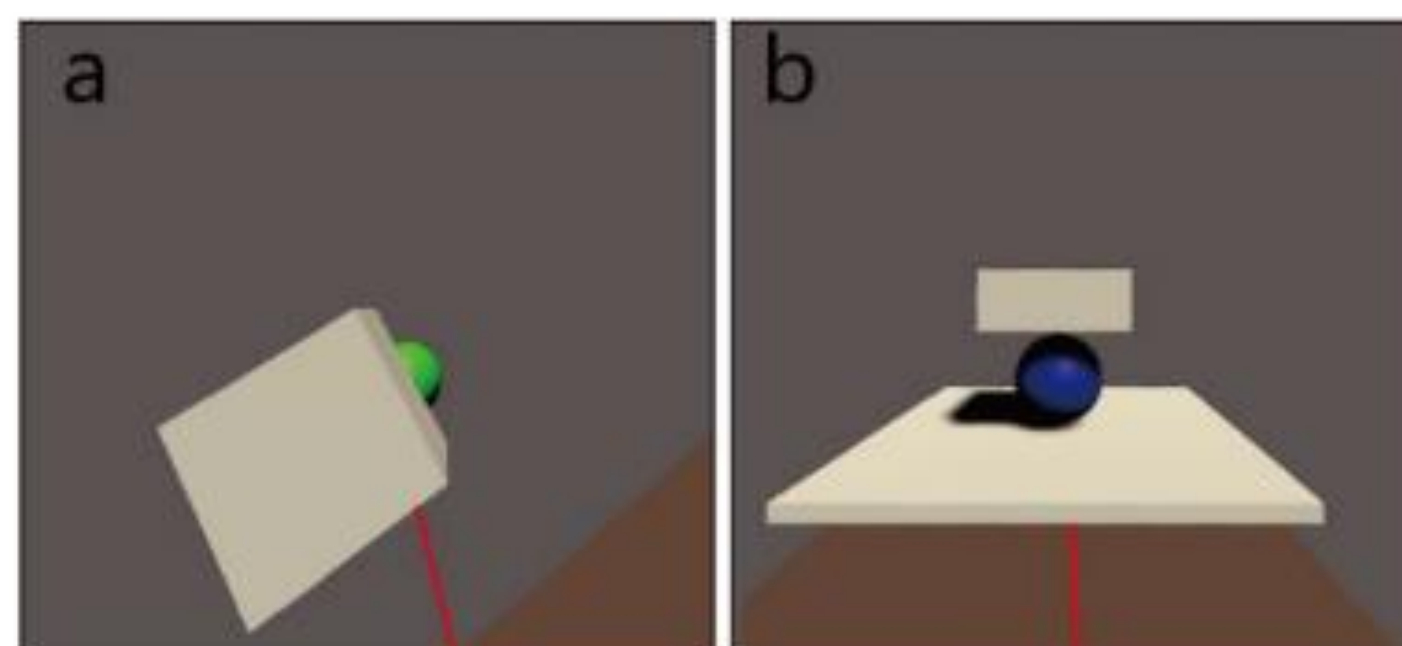
应用场景



握姿切换:考虑到笔握姿输入提高交互效率提高的同时也容易产生疲劳,我们尝试在交互中将其与控制器握姿输入相结合。例如通过反转笔切换输入模式,在室内设计时通过控制器握姿选择操作的家具,再切换笔握姿进行精细操作比如选择颜色或调整大小。



笔势控制:用户灵活运用手指运动使我们能够设计一套独特的空中笔势输入,例如通过Tilt与Poke操作,触发Web视图中的页面滚动与缩放,相比于菜单操作,提高界面交互效率。



避免手眼不一致:由于用户在VR输入时手与视线通常不在一个平面,因此选择目标时容易面临手眼不一致的问题,例如选中一个看不见的物体,或者看见一个物体无法选中。而用户笔握姿输入拉近了手与视平面的距离,甚至可以利用笔进行瞄准,避免了手眼不一致的干扰。

其他思考

尽管我们的研究探索了VR中笔输入的握姿并评估了其在基本选择任务中的交互效率,但仍有一些问题值得进一步思考:

- 笔身设计:在我们的研究中使用的是一根3D打印的轻量级笔,在实际设计中应考虑VR笔的重量、形状等因素,都会对用户在空中输入产生影响。
- 按钮设计:在我们的研究中通过停顿机制确认目标选择,也许使用按钮会更好,但如何在不影响用户握姿的情况下设计按钮仍需进一步探索。
- 触觉反馈:触觉反馈对用户的使用笔输入体验也至关重要,通过添加线性马达提供震动反馈,并映射到交互界面中是可行的。
- 丰富笔势:在本研究中我们定义了Tilt和Poke两种空中笔势输入方式,事实上仍有丰富的空中笔势设计空间有待进一步探索。