

# vMirror: Enhancing the Interaction with Occluded or Distant Objects in VR with Virtual Mirrors

李念龙 张政权 刘灿 杨增耀  
付轶楠 田丰 韩腾 范明明

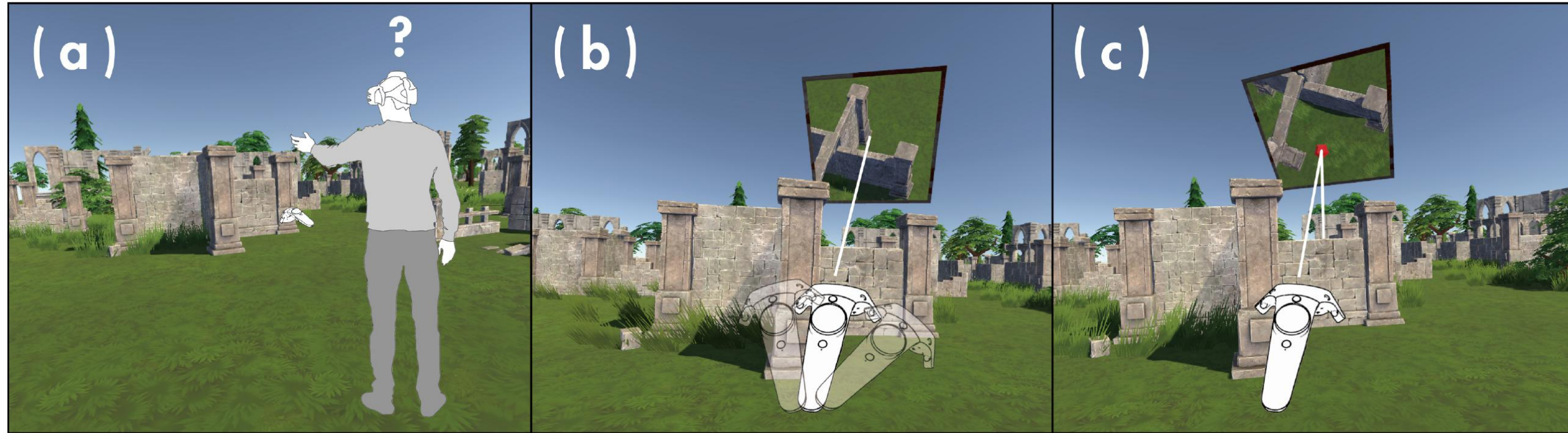
论文题目：使用虚拟镜子辅助空间遮挡目标交互

主要联系人：李念龙 15611566201  
nianlong2016@iscas.ac.cn

In CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '21)

## 问题产生

在三维空间中，根据用户的观察视角，不同深度的物体很容易出现重叠，甚至被完全遮挡的情况，增加了用户观察或者选择目标的难度。尤其在密集场景下，减少了目标的有效选择区域且增加了选择的不确定性。尽管用户可以通过在空间中移动调整他们的位置和方向，以帮助观察和选择，但反复移动和视角转换会造成方向感的迷失以及晕动症等不适。

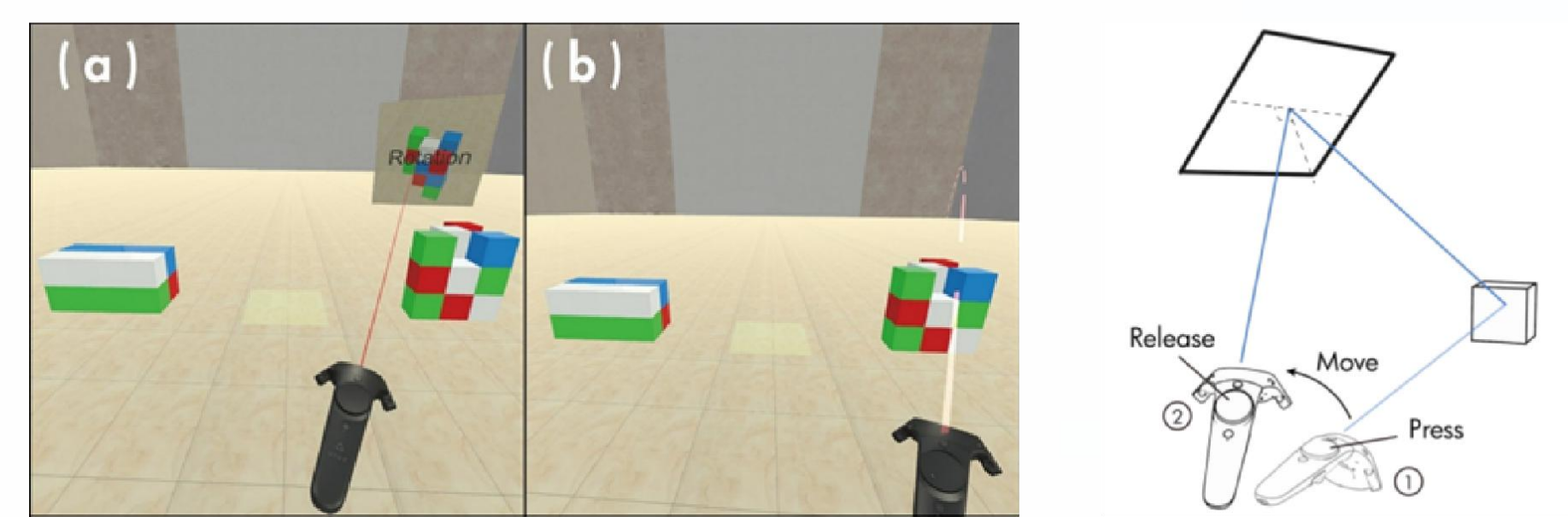


## 研究概述

在本项工作中，我们设计了一个VR下的交互部件vMirror，利用镜子的反射来观察和选择远距离被遮挡的物体。首先通过两项实验，分别探索了半自动放置镜子方法与手动放置方法的对比、镜面方向对用户目标选择任务表现的影响，结果表明在大多数镜面方向vMirror与直接选择目标的效率接近。最后在一个VR寻宝游戏中对比了teleport与teleport+vMirror技术，结果表明使用teleport+vMirror技术搜寻目标的效率更高，并且有效减少用户的眩晕。

## 预实验：镜子操作设计

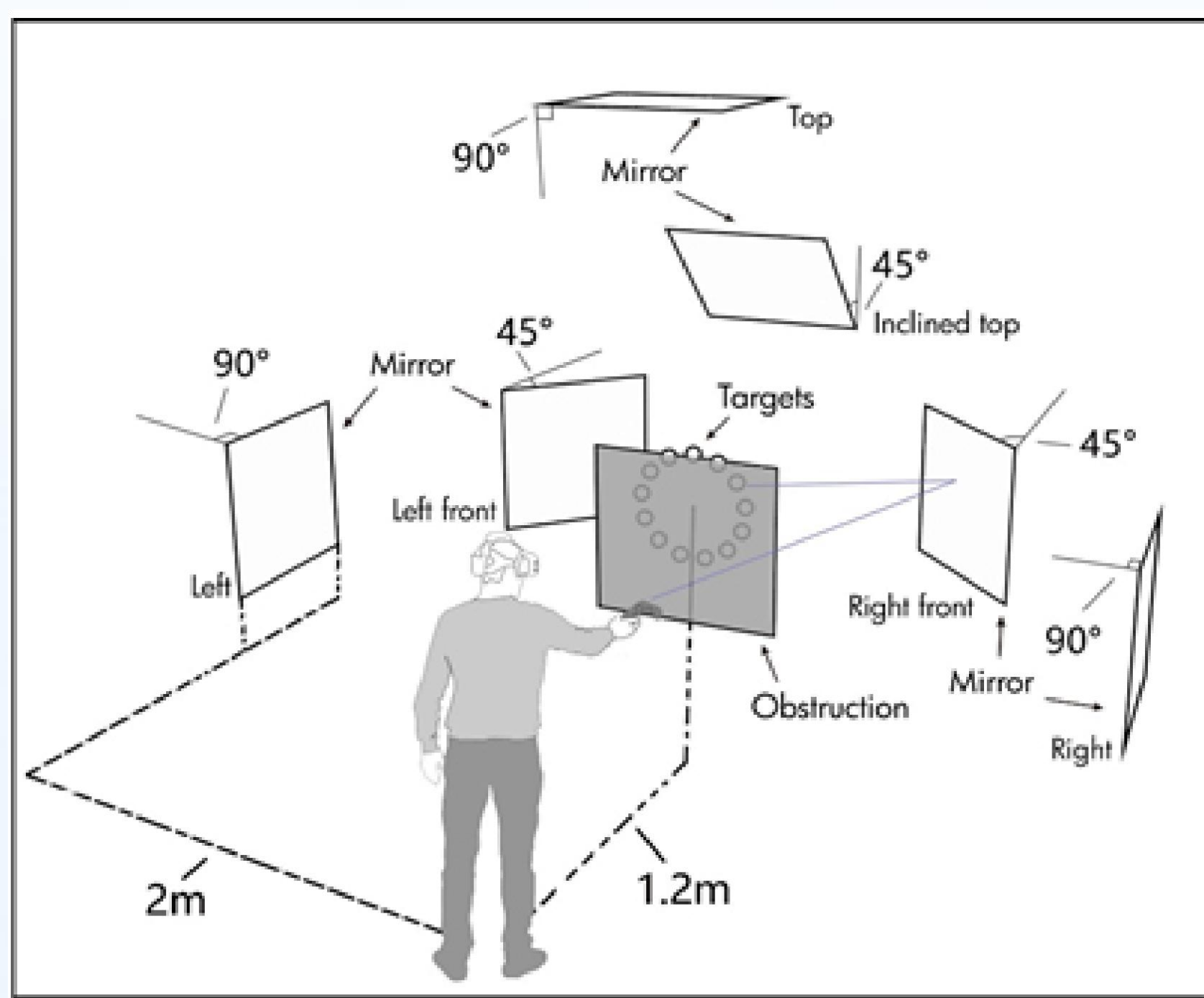
通过设计摆积木任务，让用户摆放调整镜子，最终确立了一种半自动生成镜面的方法，并支持用户手动调整镜面。用户首先按下touchpad选择想观察的目标位置，然后移动到想放置镜子的位置松开touchpad上的按键。根据光线反射规律，我们可以计算出镜面的方向，保证用户可以通过镜面观察到目标。在放置镜子后，用户可以进一步手动调整镜子，来达到最优观察角度。



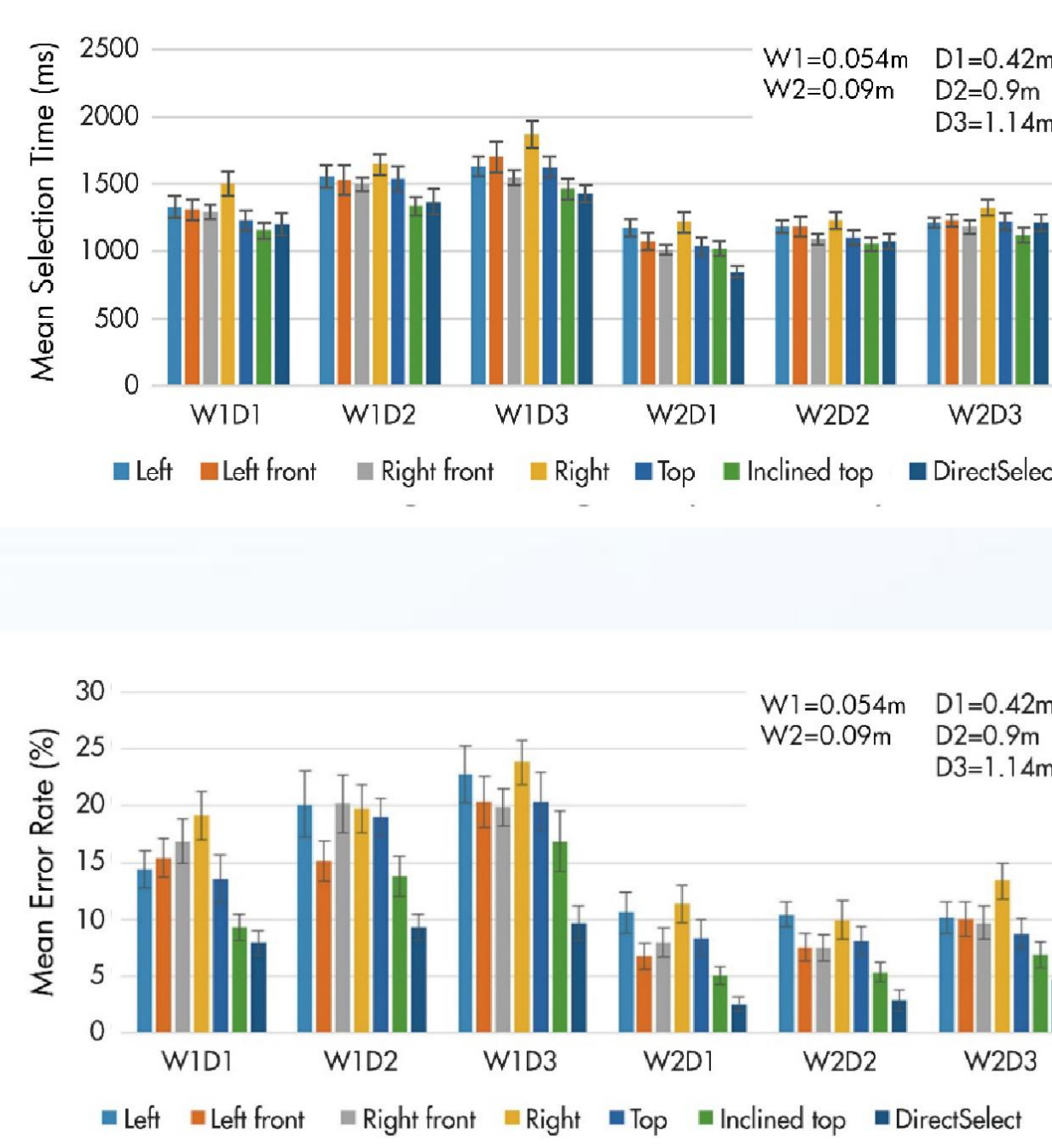
## 主实验一：镜子选择目标效率评估

### 实验设计

镜子不同的摆放位置和角度会导致不同的成像，可能会对用户选择造成影响，因此我们设计了一个实验来评估不同位置和角度镜子对目标选择的影响。考虑到镜像扭曲对用户的影响，我们还增加了一个不使用镜子直接选择目标的对照组。我们考虑了三个因素：镜子的位置×目标的大小×目标间的距离。



### 实验结果



结果表明，最有效的放置镜面位置是斜上方。尽管在镜面反射中呈现的虚像目标看起来更小，使用vMirror还是可以和直接选择目标一样高效，这说明vMirror的选择效率的代价是很小的，对于合适的摆放角度，这个代价是可以忽略的。从用户的角度看，镜面反射会导致目标的扭曲和更小成像，然而这个问题可以通过在用户斜上方放置镜子最大程度地缓解。

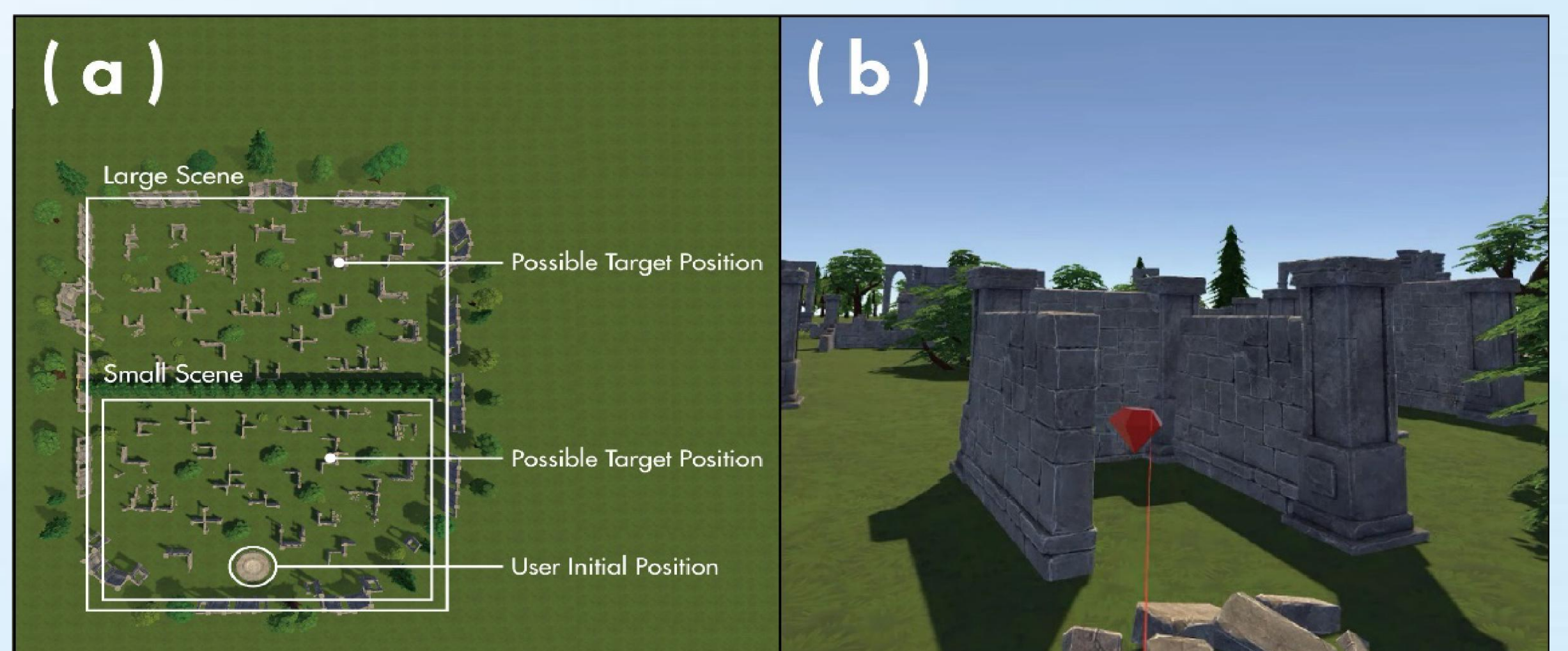
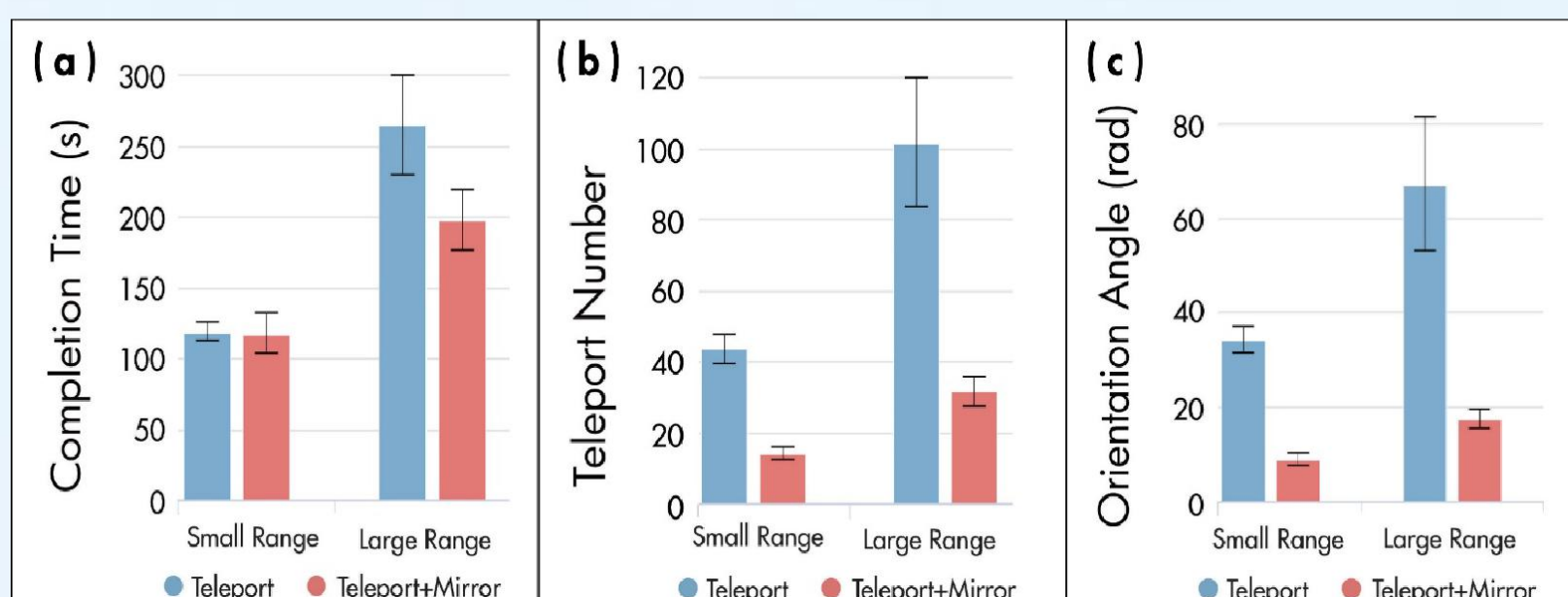
## 主实验二：镜子搜寻目标效率评估

### 实验设计

为了评估vMirror是否可以帮助用户在空间环境中搜寻目标，我们设计了一个虚拟场景寻宝的游戏，用来对比传统的Teleport（远程传送）技术与Teleport结合vMirror技术辅助搜寻的效率。场景是使用Unity搭建的一个废墟，包括森林和石墙，每次搜寻任务开始时会在随机一面石墙下生成一个宝石，用户从固定的起始位置开始搜寻，选中目标则一次任务结束。除了对比两种选择方式外，我们还考虑了不同大小的两个场景。

### 实验结果

我们统计了用户的完成时间，使用远程传送的次数，以及搜索方向改变的角度。结果表明，用户使用vMirror+Teleport技术完成搜索任务的速度要快得多，移动的次数也少得多，搜索方向的改变也少得多。此外，参与者使用vMirror时也明显地减少了迷失方向的情况。



## 其他思考

在设计vMirror时，我们遵循了物理世界中的平面反射原则，为用户提供了一个熟悉的交互隐喻部件。此外，我们还设想VR下超越物理现实环境下使用镜子的方式。例如使用属性vMirror反映对象的不同属性，便于观察和选择；使用缩小vMirror允许用户观察远远超出其尺度的对象；使用半透明vMirror允许用户同时观察反射图像和镜子后面的物体。

