

# XU SHUCHANG

HCI + UX, Tsinghua University

## 目录

### Contents

---

#### 虚拟盲道

用多模态反馈辅助视障群体独立出行

---

05

#### 调皮的AlphaGo

情感化智能对弈机器人

---

17

#### Trial Of Zeal

基于HoloLens的混合现实游戏

---

27

#### AR/VR体验设计

AR城市导航, 裸眼VR音乐手游

---

30

#### 更多作品

交互技术, 交互装置, 互动游戏等

---

32



# 虚拟盲道

用多模态反馈技术辅助视障群体独立出行



课题名称	Virtual Paving: Rendering a Smooth Path to People with Visual Impairment through Vibrotactile and Audio Feedback
研究时间	2019 - 2020
研究成果	发表于Ubicomp 2020
关键词	多模态反馈，可穿戴设备，用户体验，用户研究
研究简介	本研究的核心目标为辅助视障群体安全独立出行。首先，通过用户访谈，我们明确了“现有工具无法直接指引可行方向”的痛点，并提出“虚拟盲道”技术作为解决方案。该技术首先利用CV规划出安全可行走的路，再通过多模态反馈将道路渲染给用户，最终保障用户的安全独立出行。本工作聚焦于反馈方案的设计。经过多轮用户研究，我们确立了一套“触觉+声音”结合的多模态反馈方案。依靠这一方案，全体16名视障用户都独立、安全、放心地完成了出行。



WHO数据显示，全球共计

**2.85亿**

人有视觉障碍

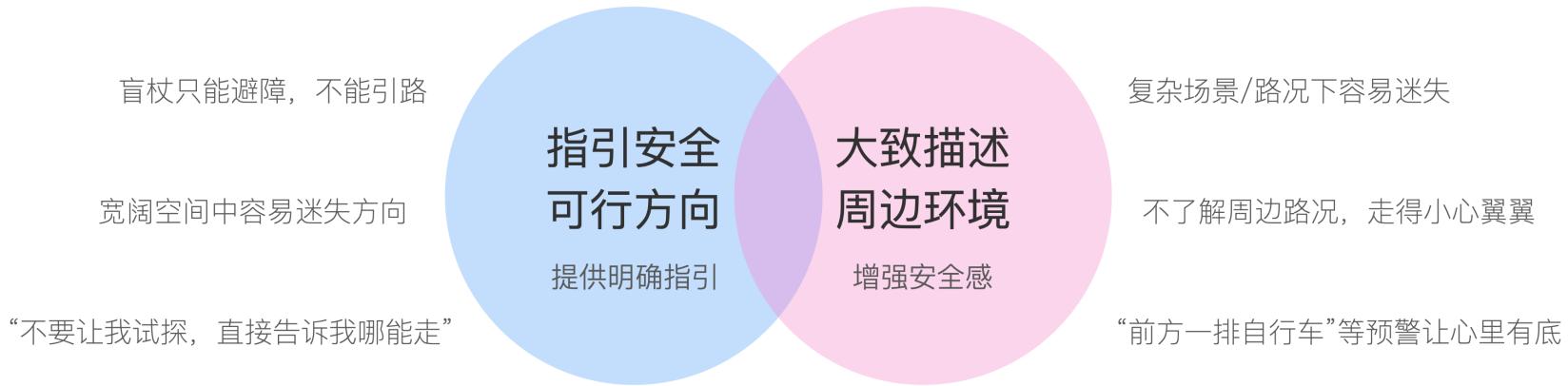
**3900万**

人已完全失明



## 全球近3亿视障人群面临出行挑战，但现有物理盲道无法保障其安全出行

据WHO统计，全球共计约2.85亿人受视觉障碍困扰，其中约3900万人已完全失明。由于视觉信息损失，视障群体无法安全地完成户外出行与导航。为了解决这一问题，各国建设了大量物理盲道，利用触觉反馈辅助视障群体进行户外出行。然而，这些物理盲道存在着人为占用、易于磨损、铺设不规范等问题，而且铺设区域也有限，难以保障视障群体安全独立的户外出行。



## 在用户访谈中明确信息需求，把握“现有工具无法指示可行方向”的痛点

为了更好理解用户出行场景中的信息需求与痛点，我们与12名视障用户开展了面对面访谈，并观察了用户如何用现有工具完成出行任务。访谈中我们鼓励用户分享近期出行的经历，回顾自己如何(依靠哪些信息、工具)完成这些出行任务，期间遇到哪些问题。基于访谈与行为观察，我们发现，用户出行期间有两大信息需求：安全可行方向，以及对周边环境的感知。同时，我们也明确了核心痛点为“现有工具无法有效指引方向”。



## 3 信息反馈

通过多模态反馈，引导用户行走在路线上

## 1 环境感知

利用摄像头等传感器，采集周围环境信息

## 2 路线规划

在可行区域中规划出一条可行走的路线

## 「虚拟盲道」：利用多模态反馈，引导用户行走在计算机规划的安全路线上

为了保障视障群体进行安全、独立地出行，我们提出虚拟盲道技术：该技术首先利用计算机视觉规划出安全可行走的道路，再通过多模态反馈将道路信息渲染给用户，引导用户沿着路线行进，从而保障其安全独立出行。虚拟盲道依托于三项技术：环境感知、路线规划、与信息反馈技术。其中，信息反馈技术仍然是研究领域的重大挑战，包括：如何满足真正的信息需求、如何将信息高效、自然地反馈给用户。

## 通过用户访谈与行为观察，归纳什么是好的“行走体验”

安全放心

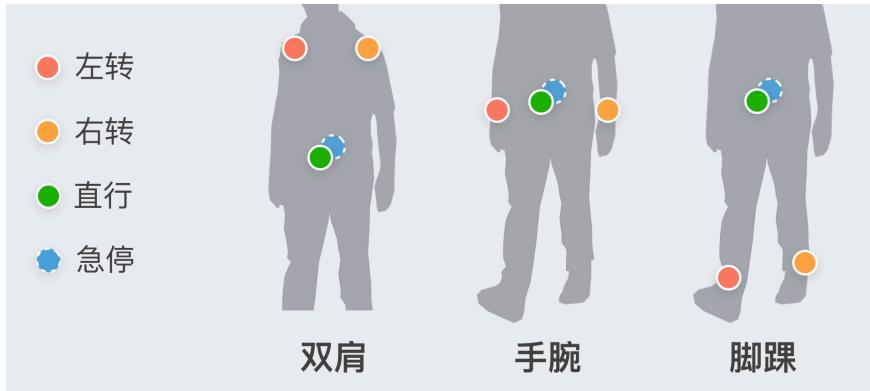
流畅高效

低调朴素

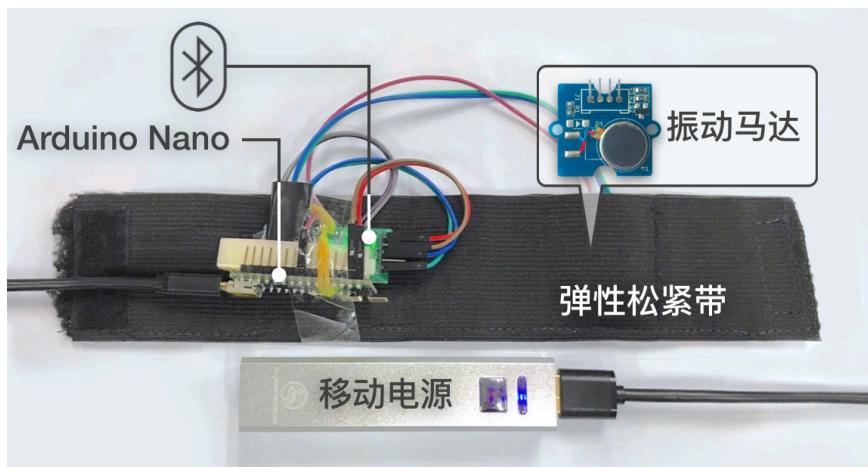
- 准确检测并规避障碍物
- 高悬/低矮障碍物风险高
- 及时进行危险预警
- 定期**播报周围环境信息**，  
增进用户掌控感与安全感

- 规划的路线应**连续平滑**
- 尽量避免急转弯
- 开阔路段也要**提示明确方向**
- 避免频繁变更指令，困扰用户  
需平衡指令频率与用户偏移

- 辅助工具应**便携可穿戴**
- 反馈方式敏感、舒适、可信
- 设备**外观低调**，不要惹眼
- 可以不依赖于盲杖/导盲犬，  
可以**独立使用**(避障+引路)



体表振动反馈方案(上)及模块化原型(下)

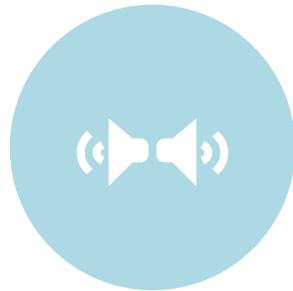


与视障用户协同设计，测试多种反馈模态

## 与用户协同设计，探索多种反馈模态

我们从已有文献中总结出可利用的反馈模态：立体环绕音、语音以及体表振动反馈。通过与视障用户开展协同设计工作坊，在基本导航任务中快速测试多种反馈模态，明确了不同反馈模态的优缺点与用户评价，为最终反馈方案提供了设计指导。

## 通过对比不同反馈模态的优缺点，确定综合反馈方案



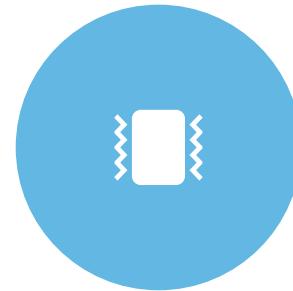
立体环绕音

- 需要佩戴耳机
- 干扰对环境声音的感知
- 难以区分前后声源



语音

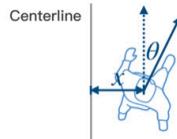
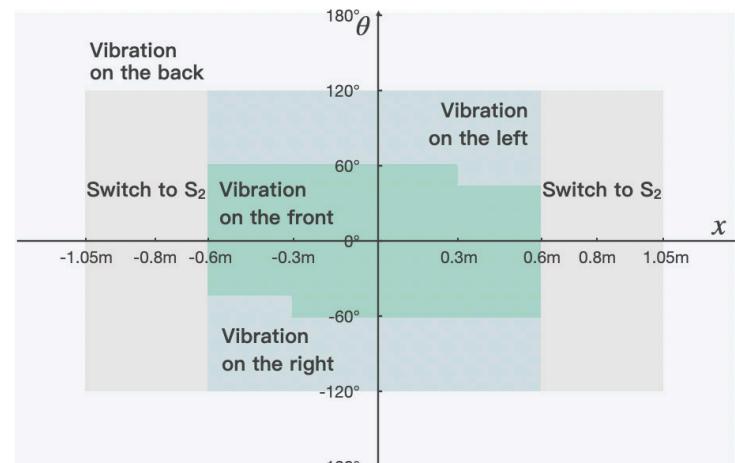
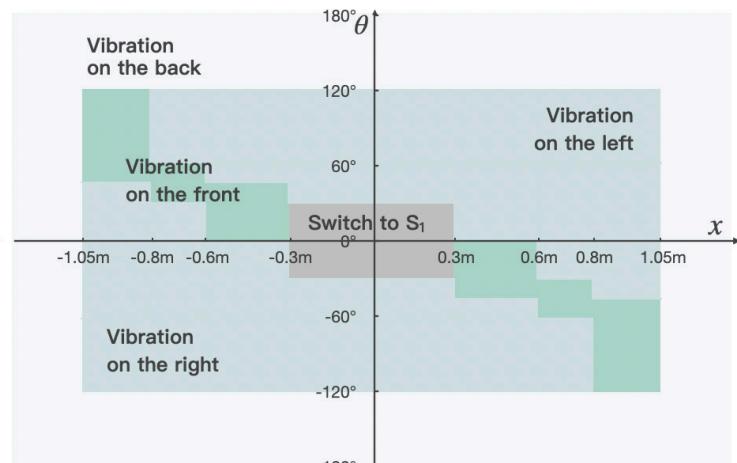
- 需要耳机或手机扬声器
- 反应时间长，即时性差
- 可提供描述性信息，增进用户对环境的了解



振动反馈

- 可集成到可穿戴设备中
- 反应即时性强，认知负担轻
- 不干扰听觉通道
- 敏感度：肩膀 > 手腕 > 脚踝
- 难以编码复杂语义

- Vibration on the front
- Vibration on left/right
- Vibration on the back
- Switch from S<sub>1</sub> to S<sub>2</sub>
- Switch from S<sub>2</sub> to S<sub>1</sub>

(a)  $x$  and  $\theta$ (b) Smooth State  $S_1$ (c) Adjusting State  $S_2$ 

## 如何平衡“流畅”与“高效”？

通过建模用户行为，有策略地优化行走体验

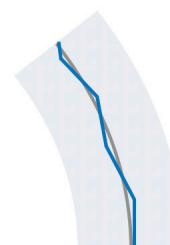
在“虚拟盲道”中，一个核心的问题是“何时给用户反馈”。为了让用户走得高效（即贴近最优路线），系统可以频繁给用户方向性指示来调整当前方向。但过于频繁的指令变化容易困扰用户，使用户走的不流畅；反之，如果在保证安全的情况下，很少给用户方向调整的指令，用户可以更流畅地前行，但更可能偏离最优路线。因此，“流畅”和“高效”此消彼长。为了保证用户能走得既高效又流畅，我们对行走行为进行了建模，有策略地优化体验。

安全区域

用户轨迹



流畅不高效



高效不流畅



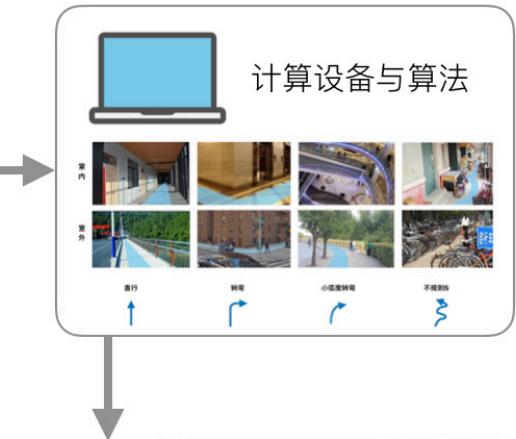
高效且流畅



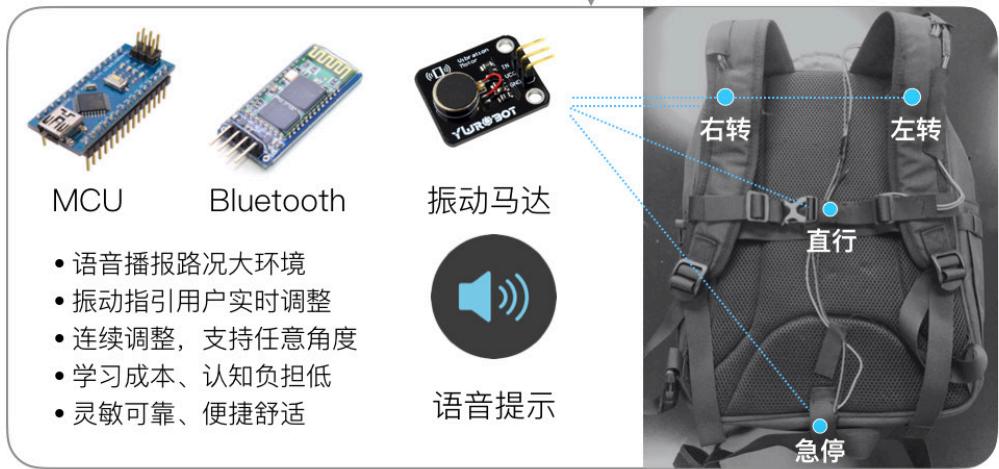
### 摄像头识别路面



### 规划虚拟盲道

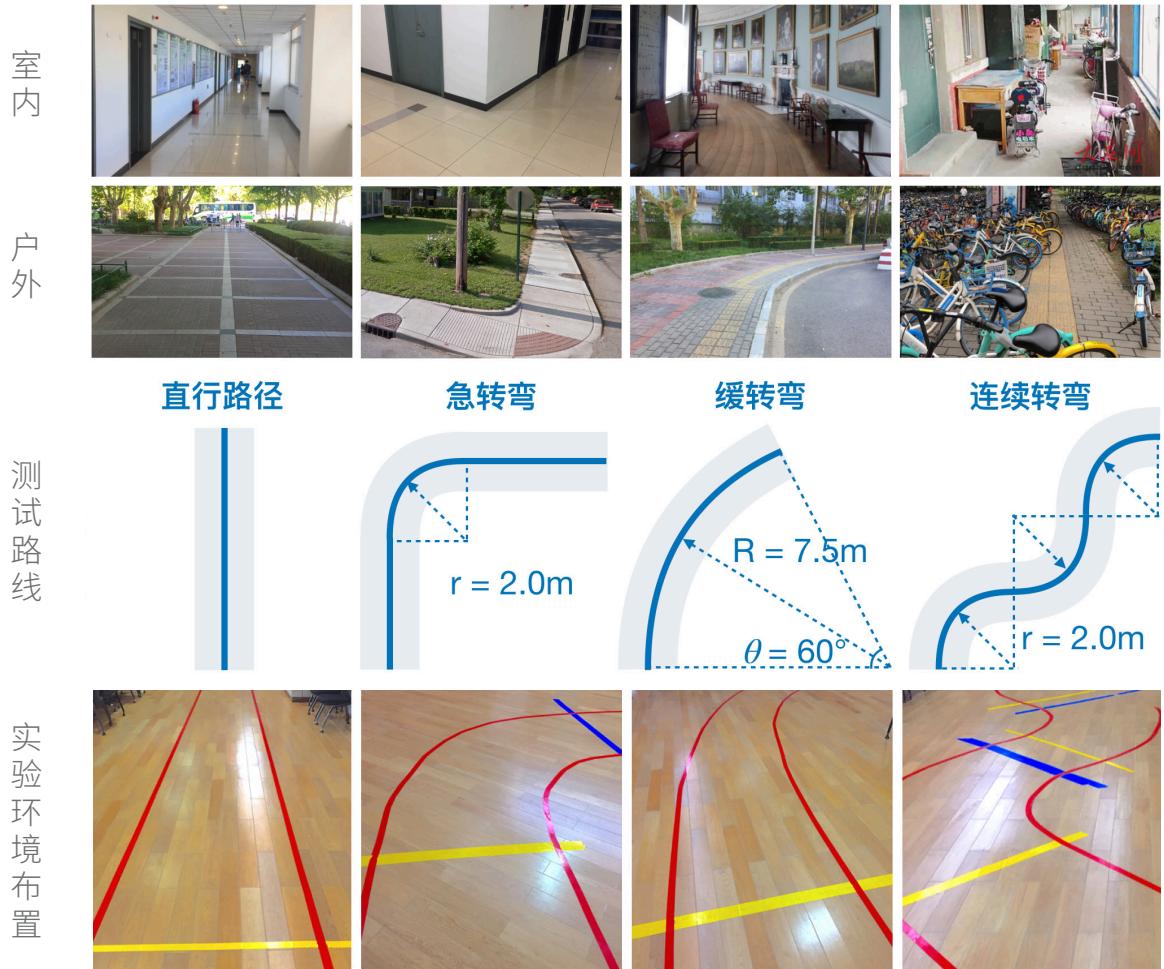


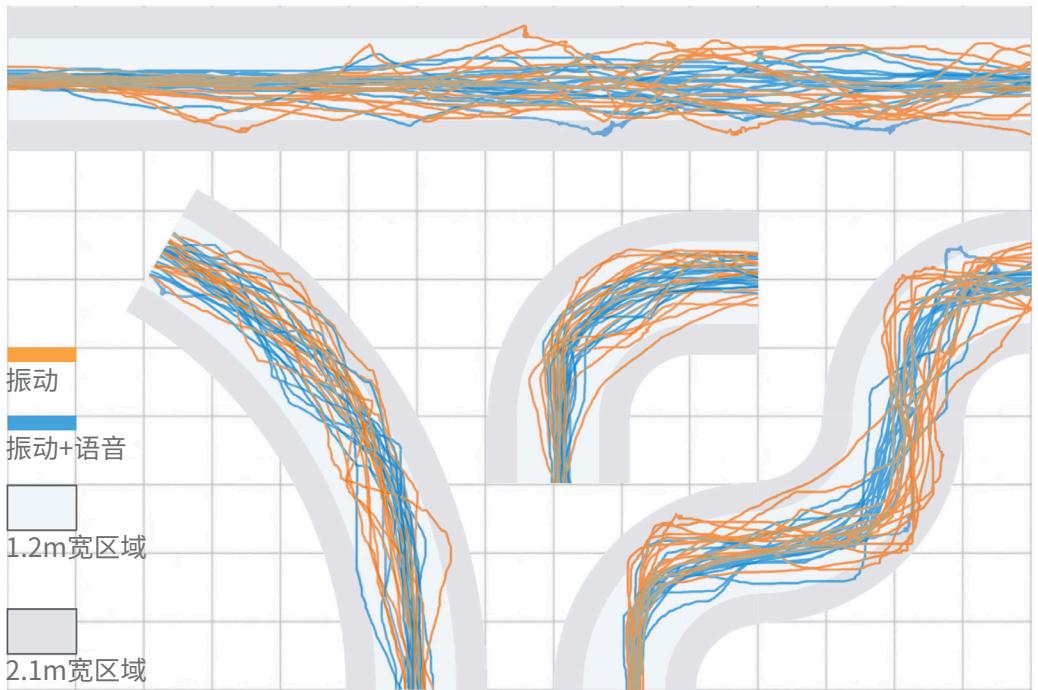
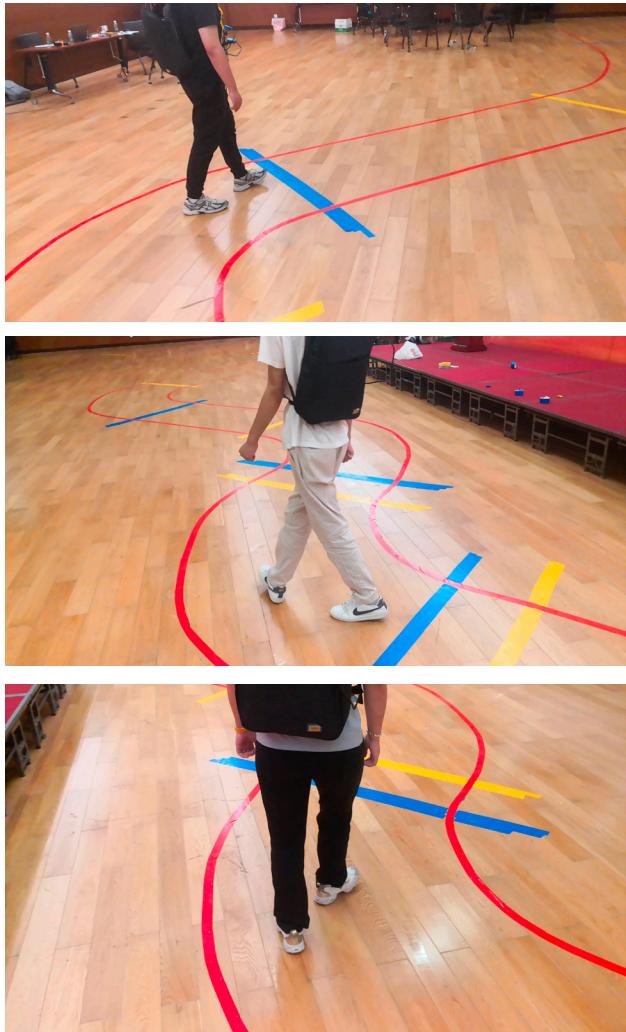
### 反馈给用户



## 从日常场景提炼路线， 测试原型的导航能力

我们从室内室外的日常导航场景中提炼出基本导航路线，作为测试任务。为了避免环境因素对导航表现的影响，实验在空旷环境开展，收集了用户的真实导航数据进行分析。



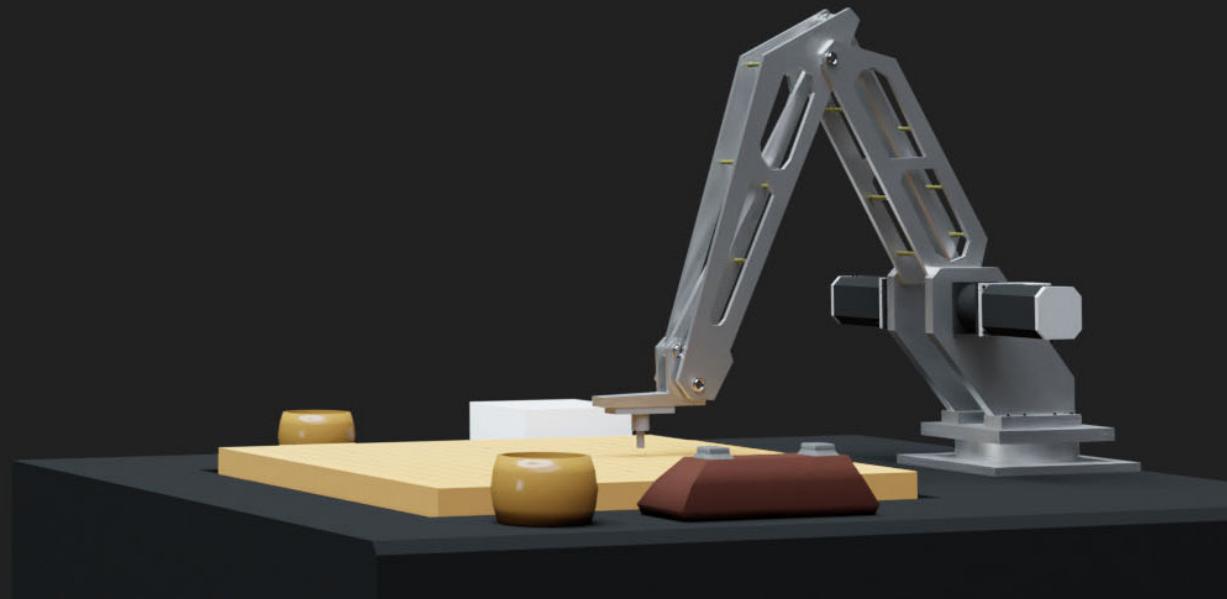


测试表明，用户能够独立、安全、放心地出行

全体16名视障用户都独立且安全地完成了共计128次出行任务。实验结果显示，我们设计的多模态反馈方案能够有效指引用户跟随给定的道路，同时保证出行的用户体验与安全感。未来，该技术可产品化为日常可穿戴设备，保障视障群体安全独立出行。

# “Naughty AlphaGo”

Transforming the Game of Computer Go into an Emotional Tangible Playground



课题名称 “Naughty AlphaGo”：Transforming the Game of Computer Go into an Emotional Tangible Playground

课题时间 2018-2019

指导老师 师丹青

关键词 情感化交互，实体交互，围棋机器人

研究简介 AlphaGo在人机围棋对弈中战无不胜的表现，使得人工智能广受公众关注，也引发了人工智能时代人该如何与机器相处的讨论。然而，AlphaGo仍是高度智能化的机器，而不具有情感与人格。本研究旨在通过交互设计实现一个情感化的智能围棋对弈机器人，来探索机器人情感表达的可能性。

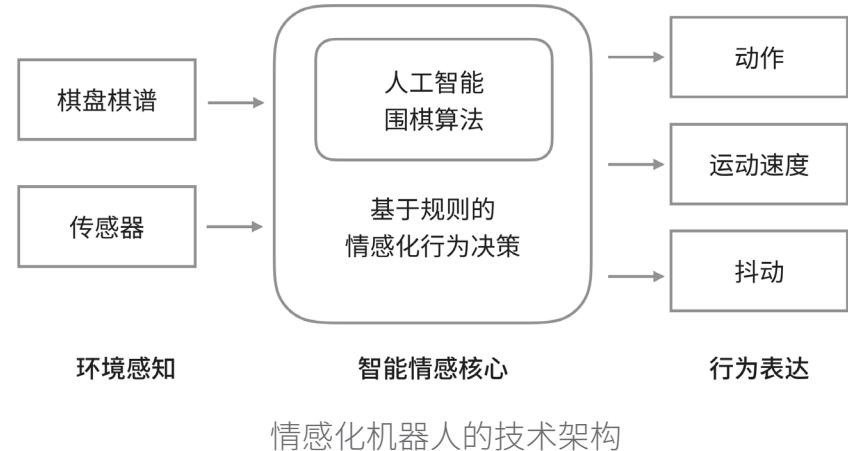


## “无情棋手”AlphaGo，能否拥有情感表达能力？

AlphaGo在人机围棋对弈中战无不胜的表现，使得人工智能广受公众关注，也引发了关于人工智能时代人该如何与机器相处的讨论。然而，AlphaGo仍是高度智能化的机器，而不具有情感与人格。机器人能否拥有情感？情感化机器人又该如何与人进行交互？本研究旨在通过实现一个情感化的智能对弈机器人来探索机器人情感表达的可能。



手绘概念图

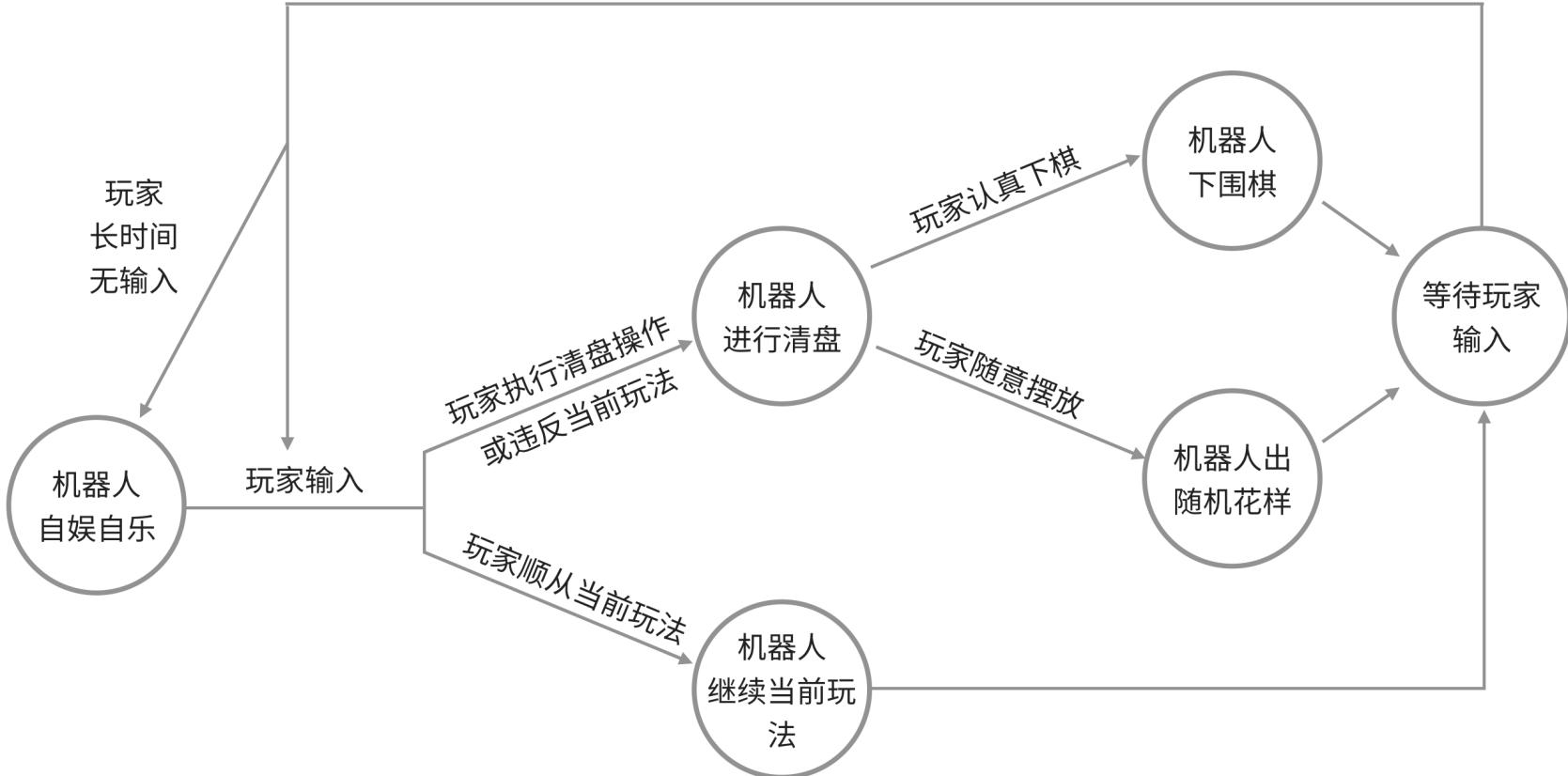


## 「情感是在互动中被感知的」：通过交互设计表达情感

情感是在互动中产生的，其理解与表达应置于互动的语境中进行考量。因此，本研究旨在以互动模式进行情感化表达。情感化行为决策核心将指引围棋机器人通过不同的行为模式（包括下围棋、摆图案、玩贪吃蛇等）来展现情感。例如，当机器人认真与人类玩家进行围棋对弈时，发现人类玩家并不清楚围棋的基本规则，就会通过反常规的调戏行为（如摆图案或玩贪吃蛇）来表达嘲讽的情感。



## 通过对互动模式的设计，表现AI调皮的性格



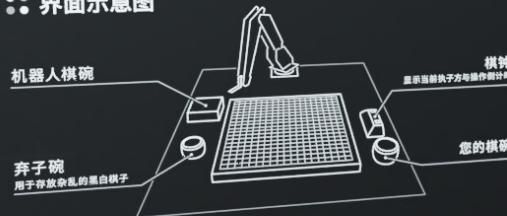
# 阿尔法狗也调皮!

团队成员 | 许书畅 杨春晖 朱奕霖  
指导老师 | 师丹青

在调皮的阿尔法狗手下，棋盘既可以是严肃的棋艺角斗场；又可以是画布，任你肆意创作；还可能摇身一变，成为游戏擂台！

大胆落子，来和调皮的阿尔法狗一决高下吧！

## 界面示意图



## 玩法步骤



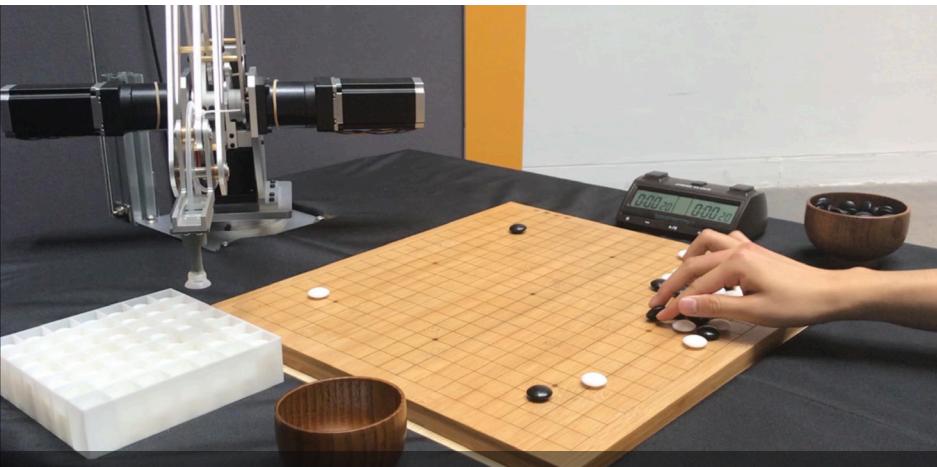
棋钟右侧红灯亮起时，请您落子，时间限制2分钟。  
操作完成后请按下亮灯按钮，以确认结束。  
棋钟左侧灯亮起时，机器人正在下棋。  
机械臂移动期间，请勿靠近。

\*本项目尝试复现了DeepMind团队于2016年1月27日发表于《Nature》的《Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search》一文中相似的神经网络结构，在此基础上将其实体化，通过情感化设计实践，探索情感机器人与人类的交互方式。

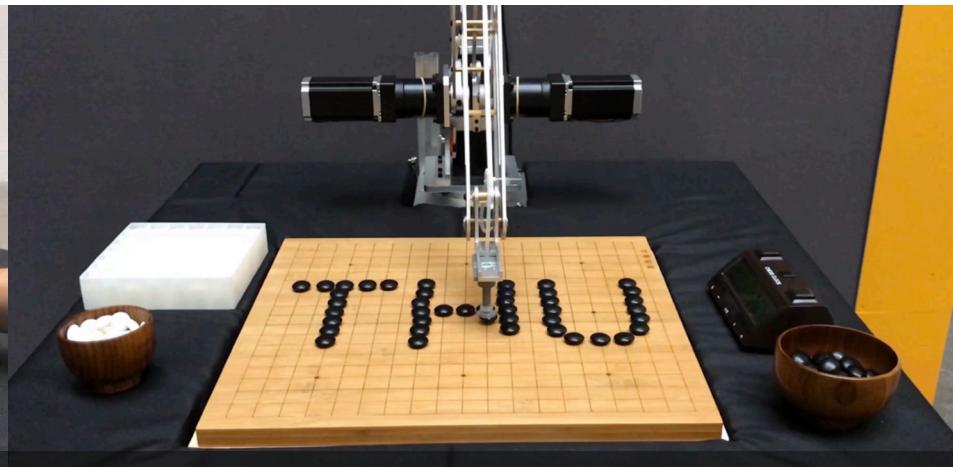
## 游戏化的互动模式

行为模式	基本规则	玩家合法输入	机器人操作
下围棋	参见围棋规则	落下一枚黑子	落下一枚白字
摆图案	完成既定图案	添加图案上的子或移走障碍子	摆放图案移走错误的子
贪吃蛇	机械臂做蛇 玩家摆食物	添加一个以上食物	快速操作 吃完附近的食物





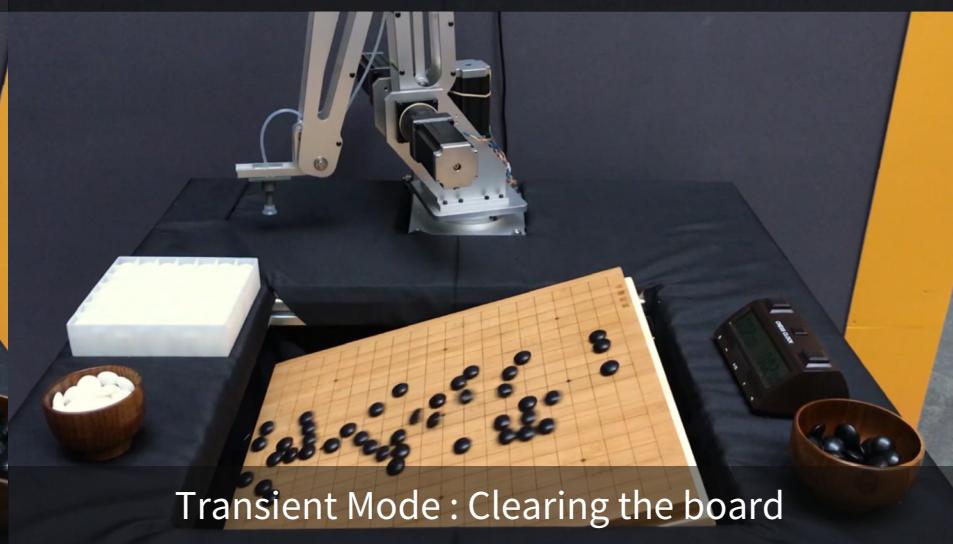
Game Mode 1 : Playing Go chess



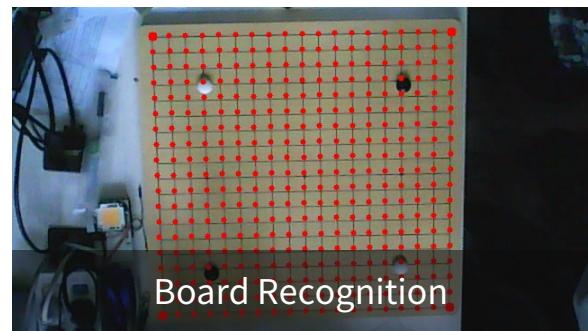
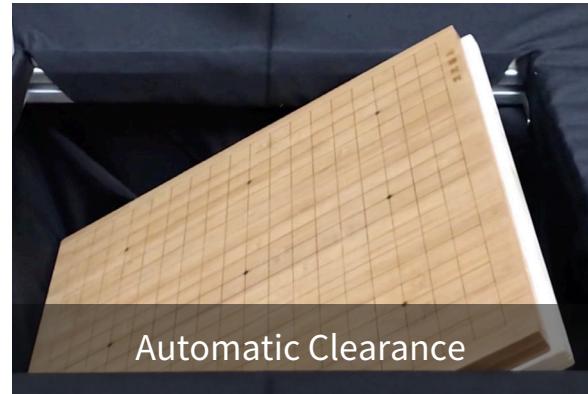
Game Mode 2 : Finishing Patterns



Game Mode 3 : Playing Snake game



Transient Mode : Clearing the board



## 以实体交互界面，增强情感化智能的拟人感

为了增强玩家与情感化智能交互时的代入感，我们将情感化的围棋智能实体化为机械臂，使用类人的机械结构为情感化智能赋予拟人的表达能力。我们逐一攻克了机械设计、电子控制、算法实现等多方面的技术挑战，最终将实体的情感化智能呈现在用户面前。



## “它就像我的小侄女，任性又调皮。”

在18名参与测试的用户中，61%的参与者在仅仅5分钟内的交互过程中，就体会到了机器人的调皮性格。一名用户表示，“它就像我的小侄女，任性又调皮，一直要求我按照她的意愿做事情，否则就生气胡来。”此外，55% 的参与者表示如果没有时间与场地限制，他们非常愿意继续与机器人互动。可见，我们设计的机器人已经具备了初步的情感表达能力，同时吸引玩家进一步互动。

The background features a minimalist, abstract landscape composed of low-poly geometric shapes. It includes jagged blue and purple mountain peaks in the foreground, a pink sky with white clouds, and several orange cubes and spheres of varying sizes scattered throughout the scene.

## ◆ TRIAL OF ZEAL

基于Hololens的混合现实游戏



混合现实(MR)头戴设备的出现，为用户与数字世界的交互提供了新的可能。在混合现实场景中，如何使数字内容与物理世界有机结合，又如何为用户创造自然的操纵体验呢？本项目就旨在充分发挥Hololens的三种交互方式(语音/手势/凝视)，为用户提供呼风唤雨的游戏体验。

**关键词：**混合现实 语音/手势/凝视交互 多人联机 物理游戏



一名玩家扮演上帝，通过语音/手势发号施令，呼风唤雨，对信徒施加考验。



另一玩家扮演信徒，利用摇杆在试炼场中穿梭，躲避追兵和乌云，经受考验。



试炼场中地形险恶，增加游戏挑战，为玩家带来奇妙冒险体验。



信徒在试炼场上的虚拟形象为小圆球，信徒玩家需要控制小球躲避障碍。

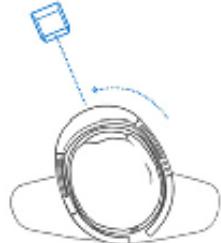


上帝可以利用语音召唤出的追兵。追兵会自动追赶信徒，直到被困入陷阱。



上帝可召唤出乌云。未被信徒及时击落的乌云会降落毒雨。

## 充分发挥HoloLens的三种交互方式，创造呼风唤雨的体验



凝视 (Gaze)



手势 (Gesture)



语音 (Voice)



上帝召唤追兵：瞄 + 说

凝视：用视角方向，定位生成点

语音：说出“Attack”指令召唤追兵



信徒移动：凝视朝向 + 摆杆

实体摇杆控制移动方向

移动方向以玩家凝视朝向为正前方，  
使得移动方向符合玩家直觉

上帝召唤乌云：说 + 瞄 + 点击

语音：说出“Cloud”指令初始化乌云

凝视：用视角方向，定位生成点

手势：使用AirTap手势，摆放乌云



信徒跳跃：语音/手柄按键

信徒玩家可自由选取语音“Jump”  
或手柄按键，控制虚拟形象的跳跃

游戏初始，玩家可以在任意平面上建立试炼场。在实际游戏画面中，粉色小球代表接受试炼的信徒。上帝玩家通过凝视、手势和语音三种交互方式，召唤追兵，摆放乌云，对信徒施以考验。信徒玩家则通过手柄、凝视和语音来控制小球，躲避上帝召唤的追兵，在落雨前击落乌云。信徒玩家总共要坚持30秒不被击败，以证明自己的决心。

在上帝召唤出乌云后，乌云需要5秒的时间才开始喷洒毒雨。5s时间内乌云不会降雨，信徒可以利用这段时间弹跳而起，以击落乌云。这样的设计使得信徒玩家也有反攻机会，而不是一味逃避。

试炼场和真实世界之间保持有物理碰撞的交互。信徒可以勾引追兵靠近桌面边缘，坠落到陷阱中。这一玩法使得试炼场和真实世界产生联系，增添了混合现实游戏的乐趣。



游戏试炼场



上帝玩家眼中的游戏画面

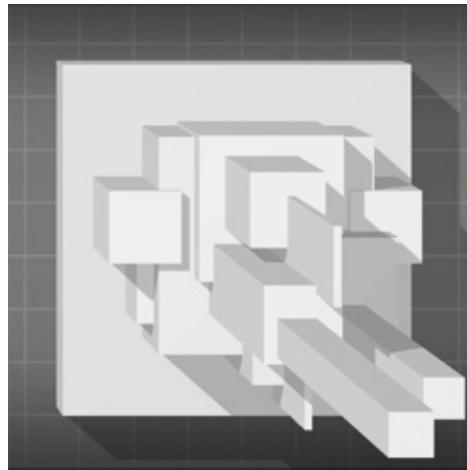


本项目参加了微软举办的HoloLens数字现实设计大赛，并收到了清华大学各院系导师、微软亚研院学者的测试与评审。评审老师表示，本游戏在交互体验上充分发挥了HoloLens输入方式的特性，并将交互方式与游戏内容紧密结合。在技术实现上，也很好地解决了多人联机、空间映射等技术挑战。

项目最终荣获微软数字现实设计大赛二等奖。



玩家测试与反馈



原理：根据头部朝向改变画面视角



玩家在体验裸眼VR音乐节奏游戏(基于iPhone X开发)

## 挖掘手机的创新交互潜力—— 基于头部朝向识别的裸眼VR音乐游戏

iPhoneX等手机的前置RGBD摄像头使得检测用户头部朝向成为可能。如何充分挖掘这一技术，为用户提供新的交互体验呢？本项目就依据用户朝向改变游戏画面视角，为玩家创造裸眼VR的体验。同时，为了让头部交互的体验流畅自然，本游戏选取了避障射击的玩法。结合音乐的律动，可谓爽感满满。

### 设计选择

星际避障射击玩法

头动控制射击方向

音乐控制陨石生成

贴近目标自动瞄准

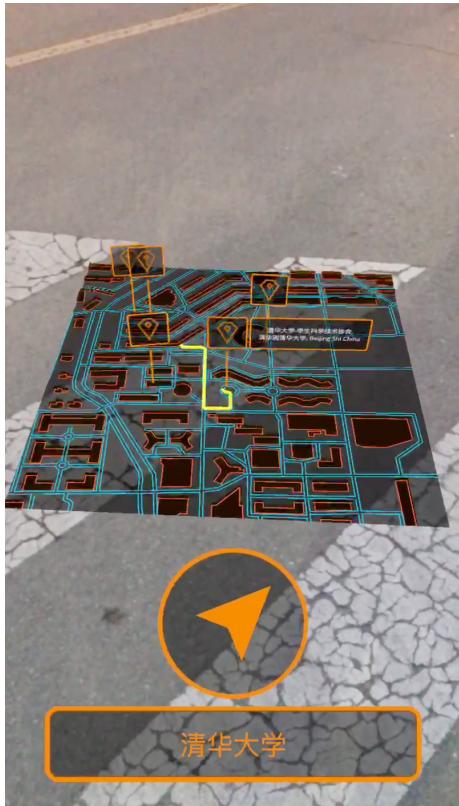
### 设计合理性

躲避符合用户直觉

视线对应瞄准方向

提升游戏节奏感

头部难以精准控制



在微缩3D地图上选择确认目的地



路线被实时融合在现实环境中

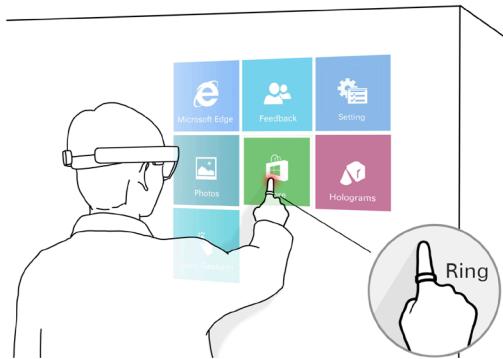
交互流程： 平面扫描 → 显示微缩3D地图 → 用户设定目的地 → 开始AR实景导航 → 即时提示拐向与进度

## 利用AR提供直观路线指引 解决频繁确认路线走向的痛点

现有导航app以GUI的方式显示导航路线。但对处于陌生环境的用户而言，想要将平面的数字地图与真实环境进行对应，是一项复杂的任务。用户在现有导航中，需要反复寻找标志建筑，复核朝向，以确认路线正确性。这些任务增大了用户认知负担，降低了寻路的安全与效率。为了解决这个痛点，本项目提出将导航路线直接融合在真实环境中，以降低用户进行路线校对的认知负担。

核心技术挑战为现实世界与虚拟路线间的坐标系校准。为解决此问题，我融合了gps与视觉里程计的数据，并使用ARkit和mapbox的地理数据库，完成了原型开发。

本项目的优势在于降低了用户寻路过程中确认路线的认知负担，让用户更轻松地出行，专注地感受真实环境。主要应用前景有：AR眼镜中的路线导航，观光旅游中的信息增强显示，基于定位的沿途广告投放等。



基于IMU的高精度任意平面接触检测技术  
基于IMU与机器学习，拓展人与数字内容的交互方式



《视味通感》AR交互艺术装置  
吃下一颗动物软糖，你就变成对应的动物！



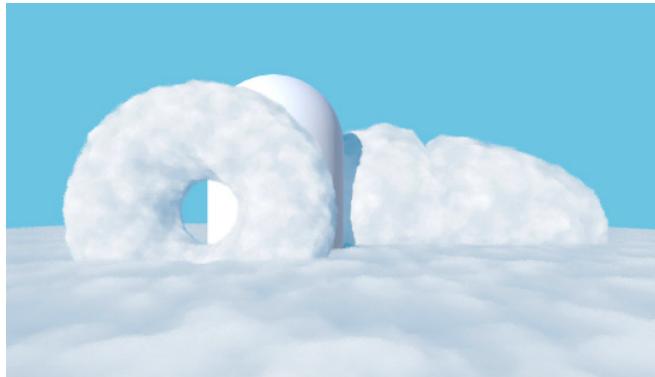
车载智能语音助理的交互设计与原型实现  
语音交互完成驾车途中的信息收发，为安全保驾护航



《视窗中的历史与女性》互动叙事游戏  
透过视窗进行非线性解谜，追寻历史中的女性身份变迁



《Mr.Real》解谜游戏, 揭露网络虚假信息  
基于Unity开发仿weibo前端界面与交互P图效果



手机端实时的风格化体积云海渲染  
基于gpu instancing和深度blend的风格化云海实时渲染



基于Houdini的雪崩特效制作  
基于PBD粒子动力学+离线渲染器制作的雪崩特效



真实感水体实时渲染  
使用Houdini烘焙FlowMap, 调节水流方向

# In Touch with Future

Shuchang Xu  
**Portfolio**  
— 2020