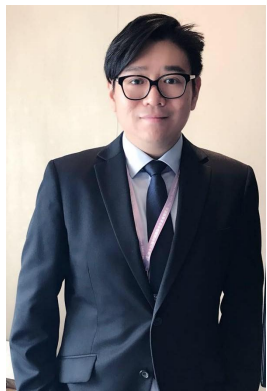


# 元宇宙生存手册

系统与媒体实验室 香港科技大学

2021 年 11 月

# 研究团队



**Lik-Hang Lee**

助理教授  
KAIST



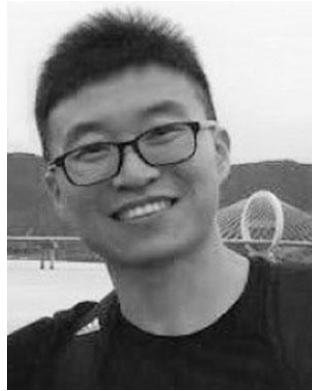
**Tristan Braud**

助理教授  
香港科技大學



**Pengyuan Zhou**

特任副研究员  
中国科学技术大学



**Wang Lin**

助理教授  
香港科技大學



**Pan Hui \***

教授  
香港科技大學

\* 許彬教授 (Pan Hui): 港科大计算媒体与艺术教授, 英国皇家工程院外籍院士, 欧洲科学院院士, IEEE Fellow, ACM杰出科学家

如果您想引用本文档内的某些内容，  
请使用以下格式引用我们的完整调查报告。

### BibTex

```
@article{Lee2021AIION,  
  title={All One Needs to Know about Metaverse: A Complete  
  Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and  
  Research Agenda},  
  author={Lik-Hang Lee and Tristan Braud and Pengyuan Zhou  
  and Lin Wang and Dianlei Xu and Zijun Lin and Abhishek Kumar  
  and Carlos Bermejo and Pan Hui},  
  journal={ArXiv},  
  year={2021},  
  volume={abs/2110.05352}  
}
```

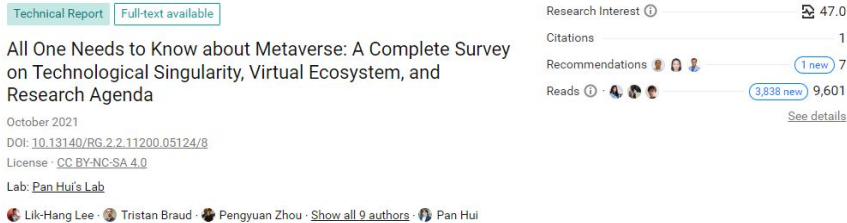
### APA

Lik-Hang Lee, Tristan Braud, Pengyuan Zhou, Lin Wang,  
Dianlei Xu, Zijun Lin, Abhishek Kumar, Carlos Bermejo, and  
Pan Hui (2021). All One Needs to Know about Metaverse: A  
Complete Survey on Technological Singularity, Virtual  
Ecosystem, and Research Agenda. *ArXiv*, *abs/2110.05352*.

# 引言和背景

# 关于元宇宙需要知道的一切

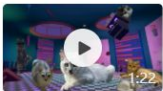
涵盖技术奇点、虚拟生态系统和研究议程的完整调研



自发表以来，平均每周阅读记录超过

**1,500** 次。

视频 港科大、中科大、KAIST、UCL、赫尔辛基大学 联合发布：元宇宙全方位调研报告



近日，我们联合发布了长达65页，共3万8千余字的元宇宙全方位调研报告。该报涵盖了元宇宙相关的核心技术、生态系统，从发展历程到未来展望，全方位介绍。

2.1万 播放 20 赞同 7 评论 5 收藏 9 喜欢

相关视频的累计播放次数已超过

**21,000**次。

# 被《香港明报》《华盛顿邮报》及多家媒体采访或报道



【编者按】Yo the robot, nobody knows who's in his "DNA" 是《香港明报》一篇专访，介绍这位“史上首位机器人歌手”的诞生。这篇专访在各大媒体网站被广泛转载，成为香港和大湾区最受关注的科技新闻之一。Yo the robot 是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。

以真熊，元宇宙怎么实现

【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。



元宇宙怎么实现

【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。

## 元宇宙怎么实现

【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。

【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。

【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。

## 我们离元宇宙 Big Bang 有多远？——专访科学许彬

2021-10-31



【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。



元宇宙怎么实现

【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。

【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。

【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。

## 元宇宙怎么实现

【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。

## 元宇宙怎么实现

【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。

【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。

【编者按】元宇宙（Metaverse）是 Facebook 联合创始人扎克伯格和妻子普莉希拉·陈的儿子。他于 2017 年 11 月 11 日出生，是一个早产儿，体重只有 2 磅 10 盎司。他患有先天性心脏病，但经过手术治疗后，健康状况良好。他的名字“Yo”是“Yo”和“robot”的结合，意思是“机器人歌手”。

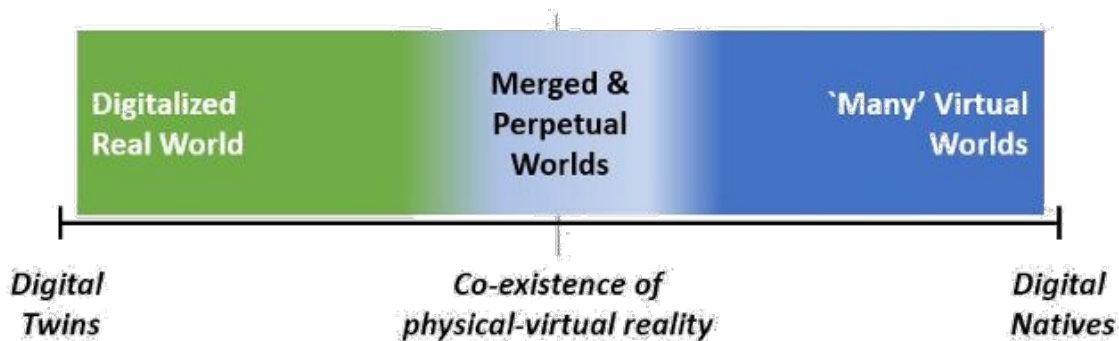
# 什么是元宇宙？

- 《雪崩》中的元宇宙场景投射了现实世界和数字环境副本的双重性。
- 在元宇宙中，所有用户都拥有各自的虚拟化身，与用户的物理自我相类似。他们在虚拟世界中体验交替的生活，而虚拟世界是用户现实世界的隐喻。



# 元宇宙的三个阶段

1. 数字孪生
2. 数字原生
3. 物理与虚拟现实共存





# 如何构建元宇宙

# 如何构建元宇宙？



物理世界 —



数字孪生 —



元宇宙 —

# 如何构建元宇宙？

## 数字孪生

1. 数字孪生: 一个 **大规模** 和 **高保真** 的 **数字模型和实体**, 而不是一个单一的对象 (例如: 螺母和螺栓), 在 **虚拟环境** 中复制。
2. 数字孪生反映了具有 **各种属性** 的物理对应物, 包括物体的运动、温度, 甚至这种数字模型和实体的功能。
3. 虚拟和物理孪生之间的联系是由它们的 **数据** 所捆绑的。

# 如何构建元宇宙？

## 内容创作

1. 内容创作描述了众多的内容创作者，也许由化身代表。他们可能参与到 **上述数字世界** 的数字创作中。
2. 这种数字创作可以 **与物理对应物区分开**，甚至 **只存在于数字世界**。
3. 内容创作还可以产生 **新的经济活动**。

# 如何构建元宇宙？

## 元宇宙

1. 元宇宙可以作为一个**自我维持的持久性**虚拟世界而存在，它与物理世界共存并相互操作，具有**高度的独立性**。
2. 化身，或者说物理世界中的用户，如果他们在同一个虚拟世界中，可以实时体验异构活动。
3. 理论上，元宇宙能够在多个虚拟世界中支持**无限数量的并发用户**。

# 当前发展阶段

# 发展历史

元宇宙经历了从 **基于文本的交互游戏**、**虚拟开放世界**、**大型多人在线游戏 (MMOG)**、**智能手机和可穿戴设备上的沉浸式虚拟环境**到 **目前的元宇宙状态** 的**四个转变**。



# 未来走向

显然，**技术** 是推动这种转变的 **催化剂**。如今，研究界仍在探索元宇宙发展的道路上。

理想情况下，新技术可能会解锁元宇宙的其他功能，并将虚拟环境推向感知的虚拟世界。





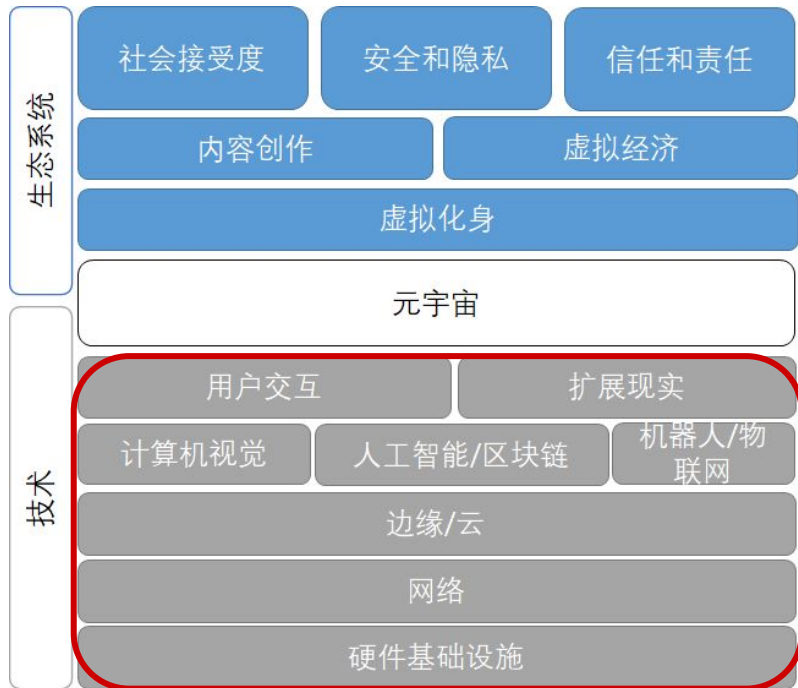
# 网络空间 VS. 元宇宙

(RW)(P)(CC)(S)/ 体验二元性 (ED)			有待进一步研究的网络空间 (进入元宇宙的机会)							
(RW)(P)(CC)/ 作为社区的社会 (S)	 推特	 Instagram	 Clubhouse	 抖音	 Animal Crossing	 第二人生	 VR Chat	 XSight	 宝可梦Go	 大学
(RW)(P)/ 内容创作 (CC)	 Medium	 Pixlr	 Adobe Audition	 YouTube	 Super Mario Maker	 Roblox	 Quill	 Adobe Aero	 BIM	 轻质粘土
(RW)/ 个性化 (P)	 Xanga	 Meitu	 Spotify	 Netflix	 Diablo	 Fortnite	 VR Commerce	 宜家家居	 AR谷歌地图	 购物
读写 (RW)	 SMS	 Camera App	 MMS	 Zoom	 S. Mario Bros	 Simcity	 节奏光剑	 Skype	 AR翻译	 麻将
	文字	图像	音频	视频	游戏	虚拟3D	虚拟现实	混合现实	增强现实	物质、精神

# 未来愿景：技术与生态系统

# 技术愿景

1. 用户互动
2. 扩展现实
3. 计算机视觉
4. 人工智能
5. 区块链
6. 机器人/物联网
7. 边缘/云
8. 网络



# 技术愿景

在技术方面，人类用户可以通过扩展现实 (XR) 和用户交互技术(例如，操纵虚拟对象)访问虚拟世界。

接下来，计算机视觉 (CV)、人工智能 (AI) 和机器人技术/物联网 (IoT) 可以通过用户交互性和 XR 与用户合作，处理元宇宙内部的各种活动。



# 技术愿景

边缘计算旨在通过将相邻数据源作为边缘设备中可用的预处理数据进行管理，来提高对延迟敏感且需要带宽的应用程序的性能。

与此同时，云计算以其高度可扩展的计算能力和存储容量而广为人知。

同时利用基于云和基于边缘的服务可以实现协同作用，例如最大化应用程序性能和用户体验。



# 技术愿景

总之，具有先进网络的边缘设备和云服务可以成为在适当的硬件基础设施（如：计算机视觉、人工智能、机器人和物联网）之上支持这些现代技术的技术基础。



# 技术愿景

1. 社会接受度
2. 安全与隐私
3. 信任与责任
4. 内容创作
5. 虚拟经济
6. 虚拟化身



# 生态系统愿景

该生态系统描述了一个独立的元大小的虚拟世界，反映了现实世界。可能位于现实世界中的具有 XR 和用户交互技术的人类用户可以控制他们的虚拟化身进行各种集体活动，例如：内容创建。

虚拟经济是元宇宙中内容创作活动的自发衍生品。

我们考虑三个重点领域：社会可接受性、安全和隐私，以及信任和责任。





# 生态系统愿景

类似于现实世界中的社会，内容创作和虚拟经济应该符合社会规范和法规。

例如：虚拟经济中的生产应该受到所有权的保护，而这种生产应该被元宇宙中的其他化身（即人类用户）接受。

此外，人类用户希望他们的活动不会面临隐私风险和安全威胁。



# 元宇宙技术与生态系统

## A. 技术

人工智能  
区块链  
计算机视觉  
网络  
边缘计算  
用户交互  
扩展现实  
物联网/机器人

自动数字孪生，计算机代理，自主的虚拟化身。

数据互操作性，数据共享，数据存储。

定位和绘图，身体和眼球跟踪，场景理解，图像处理。

5G/6G, QoS/拥塞控制, QoE, 网络切片, 网络感知应用, D2D

边缘云，分布式/联合学习，维护公平和隐私的用户存在。

移动输入技术，移动头显，用户反馈线索，触觉设备，网真。

投影和全息图，增强现实，混合现实，虚拟现实。

物联网、车辆互联、人机交互。

## B. 生态

虚拟化身  
内容创作  
社会接受度  
虚拟经济  
安全和隐私  
信任和责任

外观和设计，用户感知，人和虚拟化身的交互，在野外的虚拟化身

创作，多用户协作，创造者文化，审查。

时尚/设计风格，设备，旁观者和利益相关者，少数群体，文化多样性。

元宇宙商业，虚拟物品交易，寡头垄断，经济治理，所有权。

深度伪造，替代表示，伦理设计，保护数字孪生，生物特征数据

公平和偏见，权力和控制，不透明和透明，审计，治理。

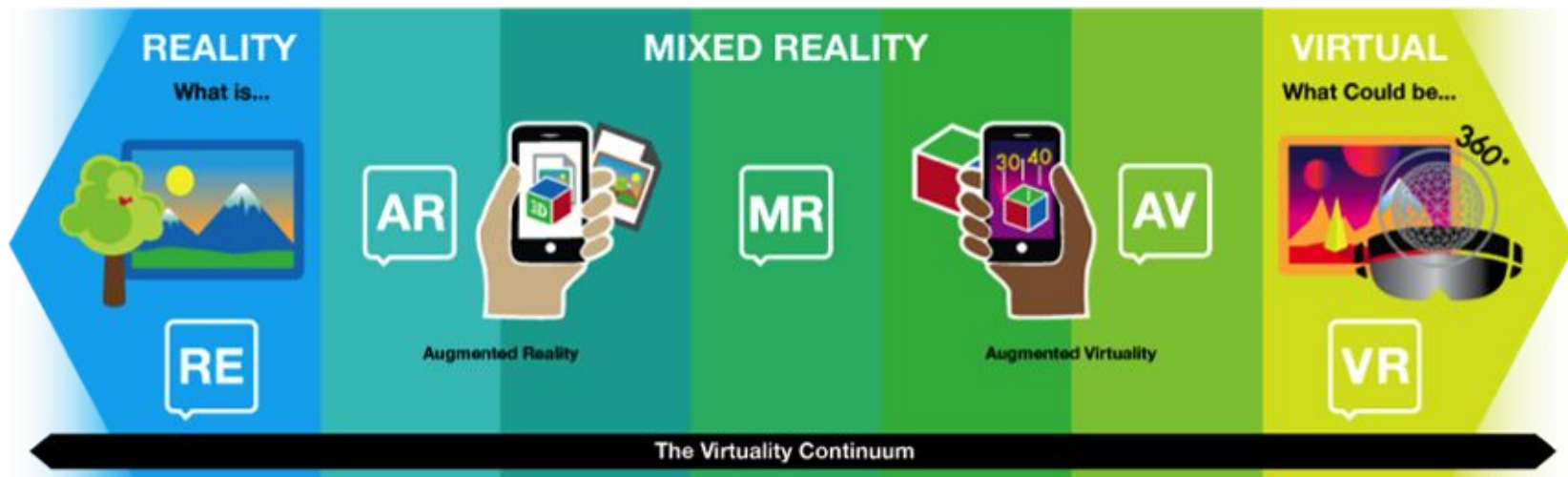
# 元宇宙技术：扩展现实

# 扩展现实：概述

虚拟现实

混合现实

增强现实



# 虚拟现实

- VR具有完全合成视图的突出特点。
- 商用 VR 头显提供包括头部跟踪和有形控制器等用户交互技术的常用方式。
- 元宇宙中的用户将创建与数字孪生一致的内容。如今商业虚拟环境使用户能够创建内容, 例如: VR 绘画。



# 虚拟现实

多个用户可以在此类虚拟环境中实时协作，这符合虚拟环境的明确要求：

1. 共享空间感、共享存在感、共享时间感 (实时交互)，
2. 一种交流方式 (通过手势、文字、语音等)
3. 一种共享信息和操作对象的方式。



# 虚拟现实

考虑到元宇宙的最终阶段，位于虚拟共享空间的用户应该与来自物理对应物(例如 AR 和 MR)的任何添加或交互同时工作。

然而，大规模地管理和同步动态状态/事件是一个巨大的挑战。特别是当无限的并发用户集体在没有合理延迟的情况下对虚拟对象采取行动并相互交互的时候。



# 增强现实

AR 为人类用户在其物理环境中提供交替体验，专注于增强我们的物理世界。

理论上，计算机生成的虚拟内容可以通过多种感知信息渠道来呈现，例如：音频、视觉、气味和触觉。

确保在 AR 中无缝和轻量级地与此类数字实体进行用户交互是关键挑战之一。这便将现实世界中的人类用户与元宇宙联系起来。





# 增强现实

正如大多数科幻电影(如: *少数派报告*)中所描绘的那样, 手绘交互技术展示了用于 AR 用户交互的直观且随时可用的界面。

使用 AR 的用户在物理环境中工作, 同时与元宇宙中的虚拟对象进行交流。

- 我们可以认为, 元宇宙将通过 AR 与我们的城市环境相结合。数字实体将以简单易懂的方式出现在城市地区的众多物理对象之上。



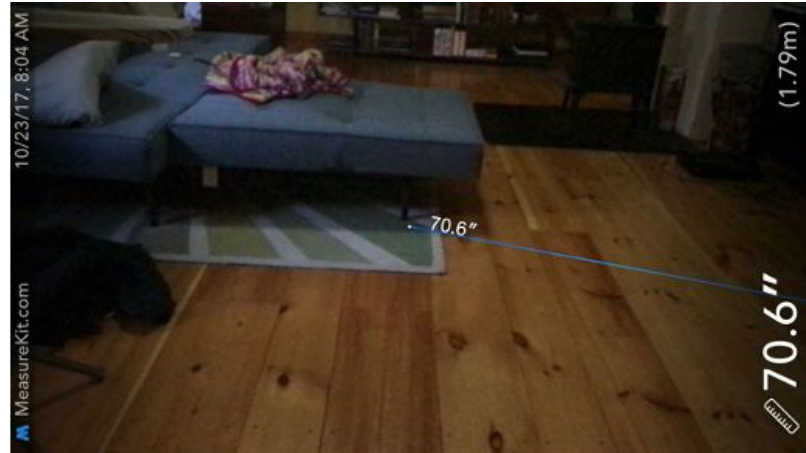
# 增强现实

最近的 AR 头显已经展示出了显著性的改进，尤其是在用户移动性方面。使用轻量级 AR 头显的用户可以接收指示 AR 对象的视觉和音频反馈提示。



# 增强现实

关键挑战: AR 需要在检测和跟踪技术方面付出巨大努力, 才能将显示的虚拟内容映射在真实环境中的相应位置。



# 混合现实:增强现实的更强版本

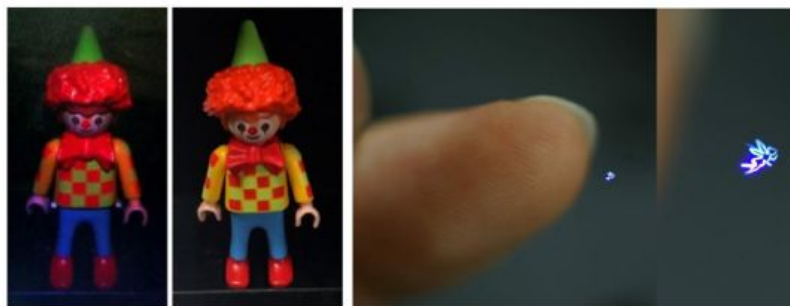
MR 介于 AR 和 VR 之间, 允许用户与物理环境中的虚拟实体进行交互。

MR对象在强大的环境理解或态势感知能力的支持下, 可以与各种物理环境中的其他有形对象协同工作。

- 例如: 物理螺丝刀可以在 MR 中旋转安装带槽头的螺钉的数字实体。
- 展示数字实体和物理实体之间互操作性的一个重要特征。



# 在现实世界中现实数字图像：大型显示、投影和全息



Vázquez-Martín, I., Marín-Sáez, J., Gómez-Cilimete, M., Chemisana, D., Collados, M.V., & Atencia, J. (2021). Full-color multiplexed reflection hologram of diffusing objects recorded by using simultaneous exposure with different times in photopolymer Bayfol® HX. *Optics and Laser Technology*, 143, 107303.

<https://spectrum.ieee.org/femtosecond-lasers-create-3d-midair-plasma-displays-you-can-touch>

Hartmann, J., Yeh, Y., & Vogel, D. (2020). AAR: Augmenting a Wearable Augmented Reality Display with an Actuated Head-Mounted Projector. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*.

# 元宇宙技术：用户互动

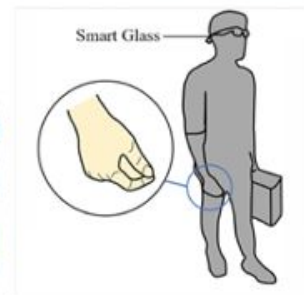
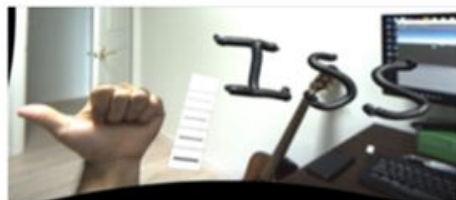
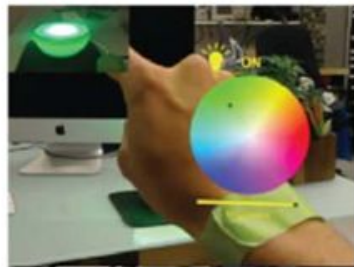
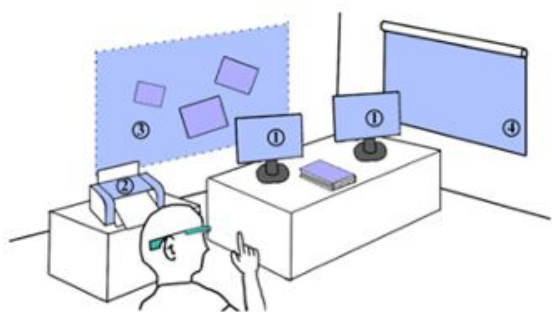
# 用户互动

1. **输入**:使用户能够无处不在地与物理环境中的数字实体进行交互。
2. **视觉反馈**:向人类用户显示数字实体。
3. **多用户反馈提示**的设计:
  - a. 音频
  - b. 触觉
  - c. 肌肉力反馈等



# 移动输入技术

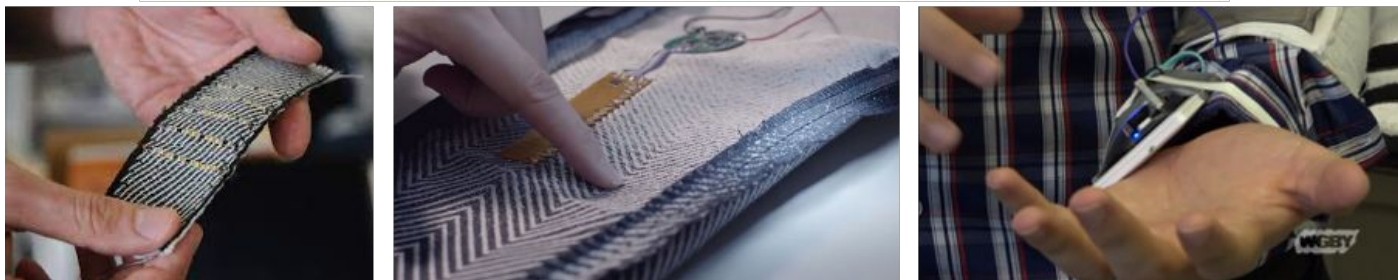
身体交互技术和日常物品的示例：





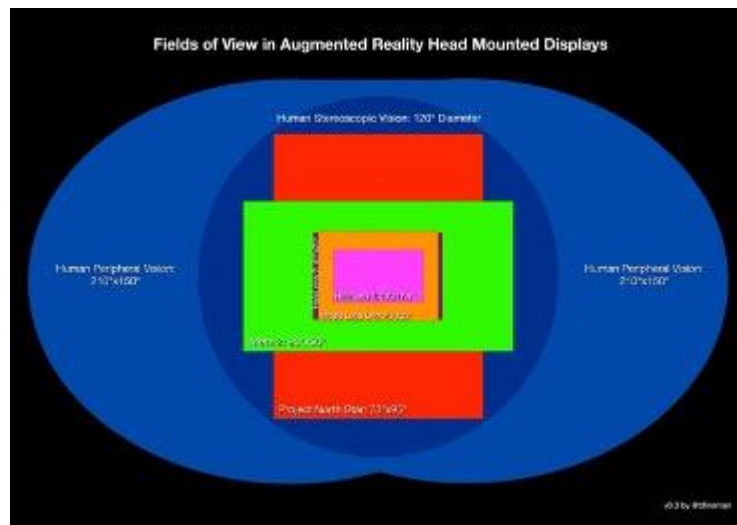
# 移动输入技术

智能皮肤(上)和智能纺织品(下):



# 通过移动头显实现人类视觉

- 目前用户在元宇宙中的沉浸感会受到 AR/MR 移动头显有限视野 (FOV) 的限制。
- 狭窄的 FOV 会对用户体验、可用性和任务性能产生负面影响。
- MR/AR 移动头显的 FOV通常小于 60 度。移动头显上可用的有限 FOV 远小于典型的人类视觉。



# 通过移动头显实现人类视觉

- 例如，在谷歌眼镜等低规格耳机上，FOV 可以相当于距离用户视野 240 厘米的 25 英寸显示器。
- 第一代微软 Hololens 呈现  $30 \times 17$  度 FOV，其大小与 15 英寸 16:9 显示器相似，距离用户以自我为中心的视图约 60 厘米。



# 通过移动头显实现人类视觉

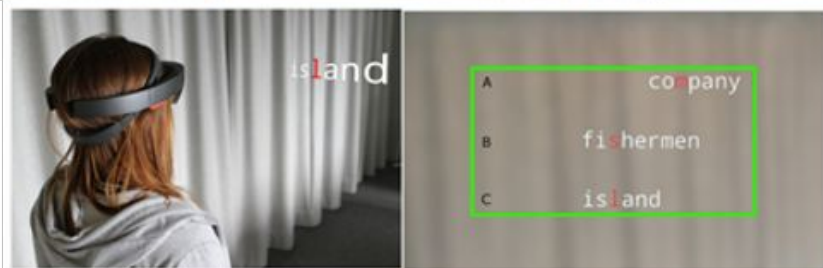
智能内容管理和显示——选择正确的用户内容——特定环境中用户感兴趣的对象

- 餐厅(室内, 左侧)
- 街道(户外, 右侧)



# 通过移动头显实现人类视觉

在小尺寸显示器内为用户精心设计视觉AR对象：

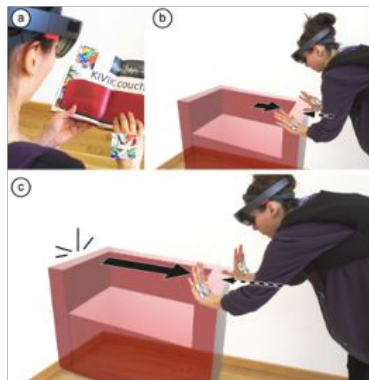
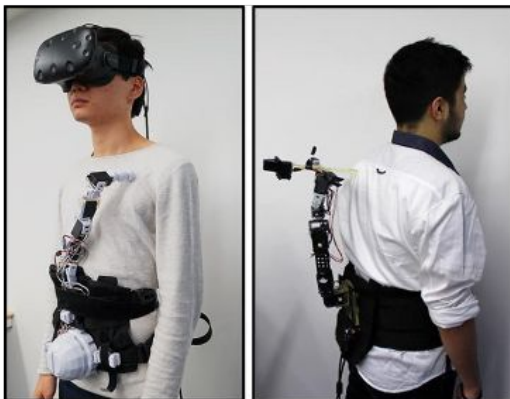


# 反馈提示

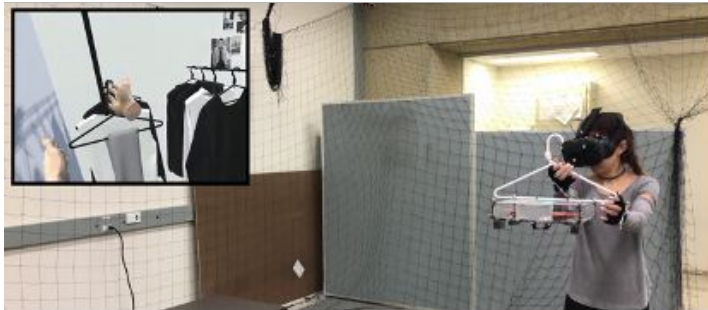
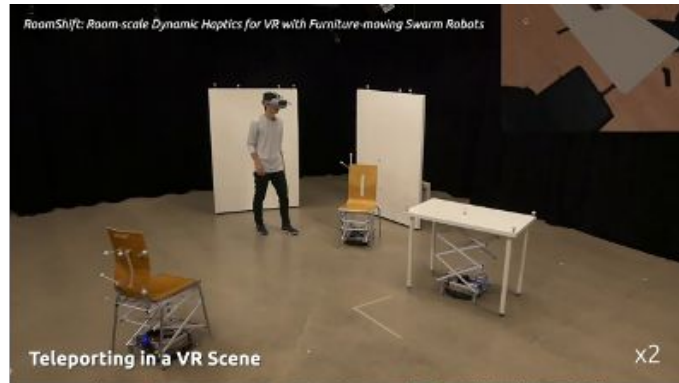


数字内容在虚拟 3D 世界中变得“不可触碰”。

反馈线索与虚拟物理领域的可用性和真实感高度相关。



# 来自无人机和低成本机器人的反馈线索



# 网真

- 多反馈线索可以实现与虚拟对象以及代表其他人类用户的虚拟化身的无缝交互。
- 我们考虑了这种刺激的可能用途, 它为通过元宇宙实现远程呈现铺平了道路。
- 挑战: 触觉互联网和低延迟(1ms)感应





# 元宇宙技术：物联网与机器人

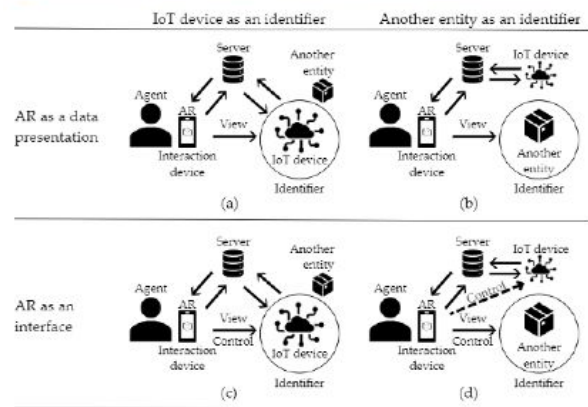
# 元宇宙中的物联网、车联网以及机器人

到 2025 年，全球物联网连接设备总数将达到 309 亿，较 2021 年预期的 138 亿大幅增长

同时，交互方式的多样性也在不断丰富

- 因此，很多观察者认为，将 IoT 和 AR/VR/MR 结合起来可能适用于多模态交互系统，以实现引人入胜的用户体验，尤其是对于非专家用户。

这是因为它允许交互系统将代理的真实世界环境信息和沉浸式 AR 内容结合起来

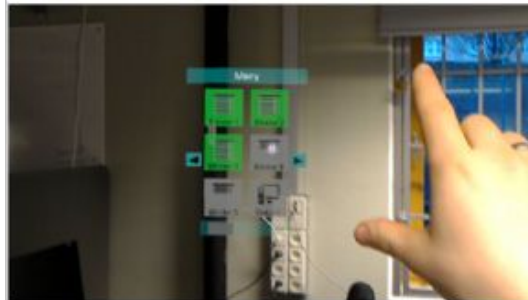
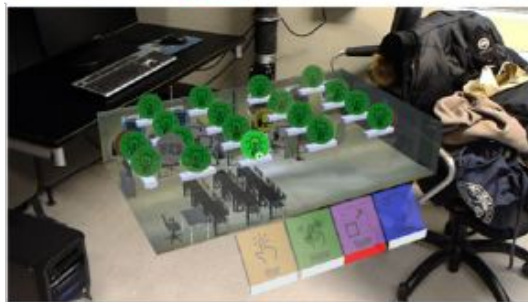


# 元宇宙中的物联网

AR/VR/MR 导向的物联网交互系统

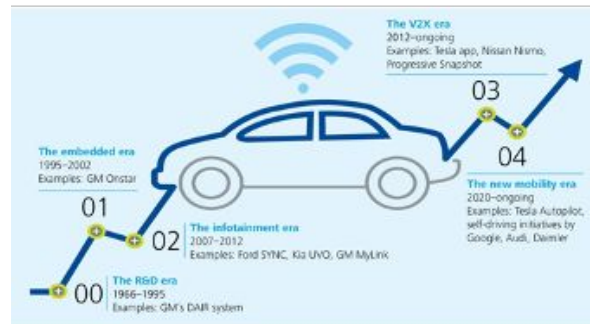
炫富图标、菜单和虚拟 3D 对象允许用户使用自然手势控制物联网设备

- 浮动图标模型, 用户只需盯着图标。
- 比例模式下的 WIM 模型, 基于全息图。
- 浮动菜单模型, 具有三个活动项和三个非活动项



# 车联网

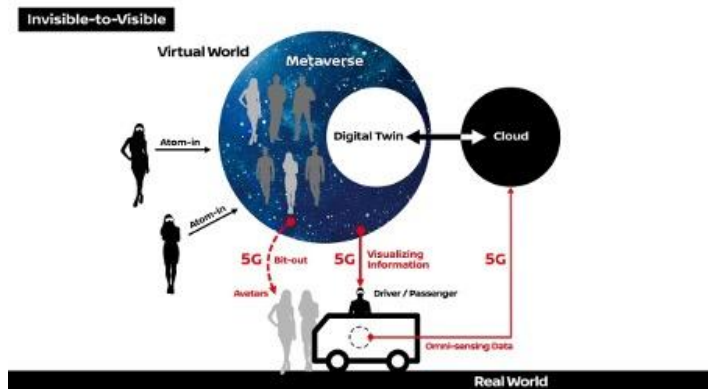
- 由于如今车辆配备了强大的计算能力和先进的传感器，具有5G 甚至更先进网络的联网车辆可以超越车对车的连接，最终与虚拟世界连接。
- 物联网设备的一个例子是车联网，自动驾驶汽车可能成为我们日常通勤中最受欢迎的场景。



Graphic: Deloitte University Press | DUPress.com

# 车联网

考虑到车辆是具有高机动性的半公共空间，车内的驾驶员和乘客可以接收丰富的媒体信息。



# 元宇宙中的机器人

- AR/VR/MR 等虚拟环境由于其突出的内容可视化特性，是打开机器人与虚拟环境之间沟通渠道的良好解决方案。
- 在通过AR/VR/MR视角的元宇宙中，人类用户与机器人建立彼此间的信任，致使人类与机器人合作的模式发生转变。



# 元宇宙中的机器人

- 基于协作机器人的元宇宙愿景不仅局限于利用机器人作为现实世界中的虚拟角色的物理容器,而且还将探索我们与元宇宙的交替空间的设计机会。
- 元宇宙中的虚拟环境也可以通过协作机器人改变用户的感知。

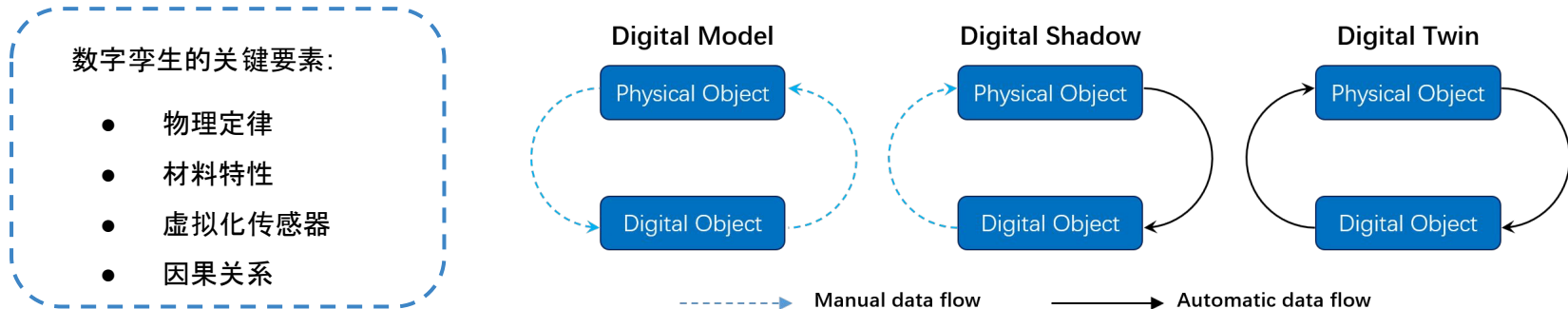


# 元宇宙技术：人工智能



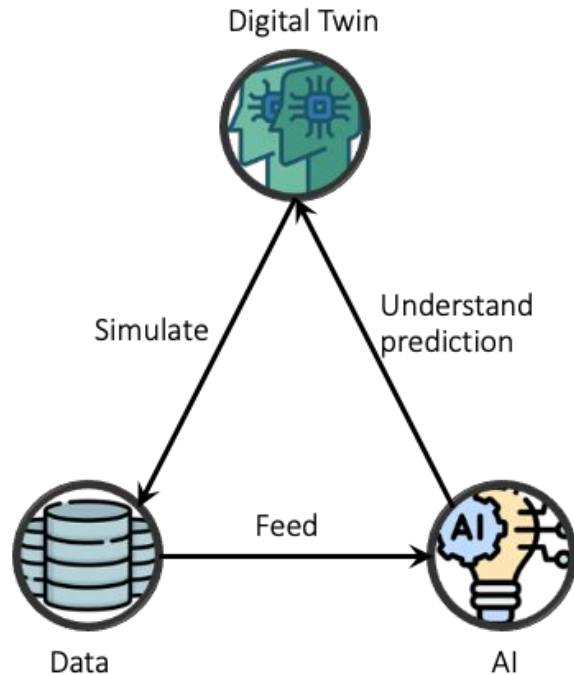
# 数字孪生

- 数字模型 (digital model) 是物理实体的数字化拷贝，物理实体的改变不会对数字模型产生影响
- 数字影子 (digital shadow) 是物理实体的数字化表示，数字影子会随着物理实体的改变而改变
- 数字孪生 (digital twin) 和物理实体之间相互影响
- 数字设计工具可以集成到生产设施或相关产品或原型的实际控制中，以允许在将新功能投入生产之前测试不同的生产场景并验证更改。

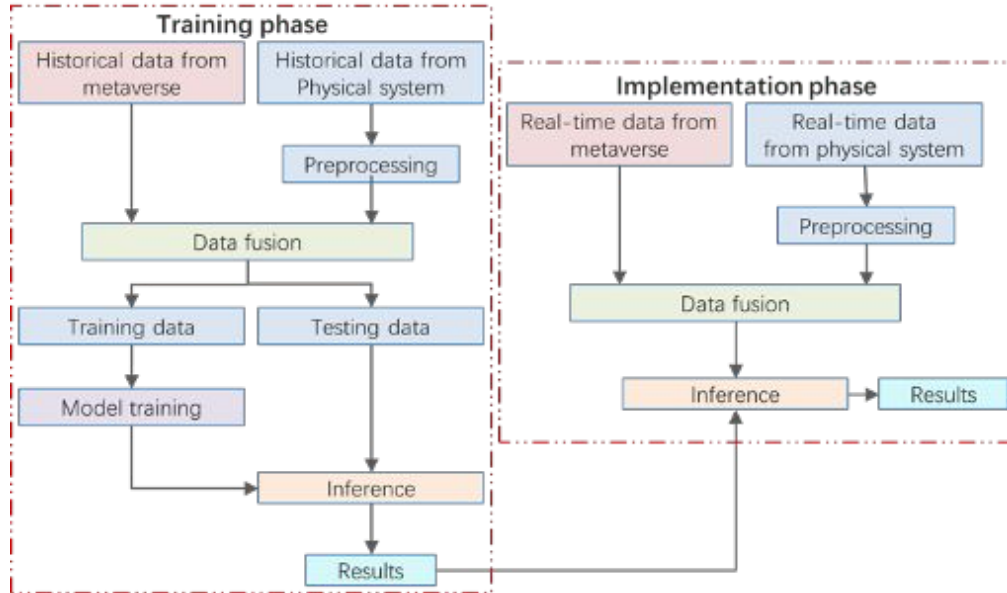


# 数字孪生 和 AI

- 数字孪生能够产生模拟数据。虚拟环境可以无限次重复模拟各种场景。
- 生成的模拟数据来训练 AI 模型。人工智能系统可以学习潜在的现实世界条件，否则可能非常罕见或仍处于测试阶段。
- 通过获得更准确的数据和预测以及理解可视化和非结构化数据，这样的过程可以变得更加智能。



# 基于数字孪生的深度学习

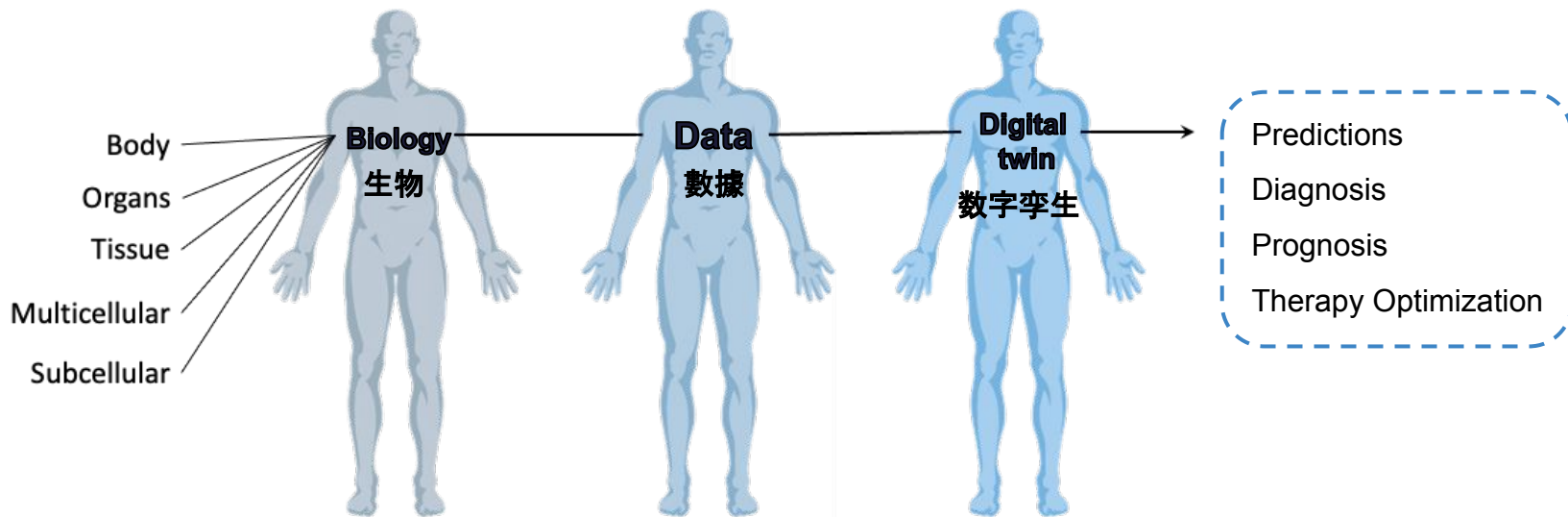


实施步骤:

- 数据收集
- 模型训练
- 模型部署

Deep learning based automatic digital twin

# 智能医疗



# 基于数字孪生的深度学习

- 智慧医疗需要物理系统和信息系统交互融合，为患者提供快速响应、精准的医疗服务
- 医生基于病人数据建立数字孪生，并使用AI算法为病人精确诊断，并在数字载体上实施远程外科手术，相应的手术操作通过机械臂“转移”到病人身体上



Surgery with robotic arm on patients

利用机械手臂为病人做手术

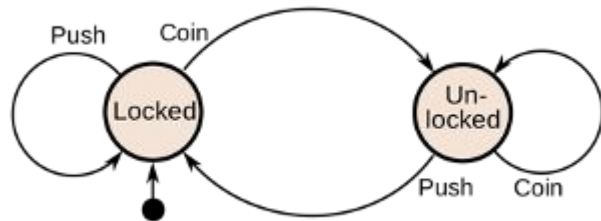
# 计算机代理

- 亦称为非玩家角色 (NPC)
- NPC 是游戏中不受玩家控制的任何角色。该术语起源于传统的桌面角色扮演游戏，适用于由游戏管理员或裁判而非其他玩家控制的角色
- 在视频游戏中，由计算机(而不是玩家)控制的角色具有一组预先确定的行为，这些行为可能会影响游戏玩法



# 传统NPC控制策略:FSM

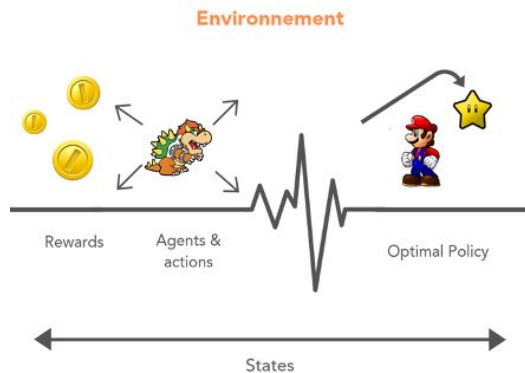
- 有限状态机 (FSM)
- FSM 是一种计算模型, 可用于模拟时序逻辑, 或者换句话说, 用于表示和控制执行流程
- 关键要素包括状态、条件、动作、下一个状态
- 仅适用于简单场景, 不够智能



# 智能控制策略

两个问题:

1. 如果NPC拥有思考能力, 游戏会更加有趣吗?
2. 如何能使NPC拥有思考能力?



解决方案: **强化学习**



# 智能控制策略

**强化学习** 是决策问题的经典机器学习算法，它使代理能够从与周围环境的交互体验中自动学习，基于强化学习AlphaGo机器人在围棋大赛中轻松击败世界排名第一的柯洁



# 玩家虚拟化身

**虚拟化身:**指玩家在元宇宙中的数字表示, 玩家通过虚拟形象与其他玩家或计算机代理进行交互。

玩家可以在不同的应用程序或游戏中创建不同的化身, 例如人形、虚构生物或动物。

一些视频游戏甚至允许玩家在玩家不在游戏中时留下他们自己的模型。

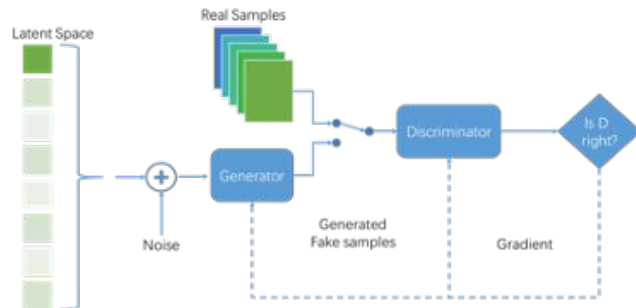
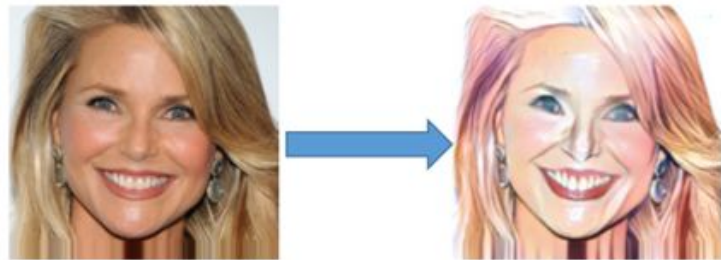


# 生成虚拟化身

GAN 是一种神经网络，可以从随机输入数据中生成真实的数据。

对于图像生成，**生成器** 网络创建图像并试图欺骗 **鉴别器** 网络相信图像是真实的。

随着不断迭代，鉴别器网络在区分真假图像方面变得更好，这迫使生成器创建越来越好的图像。



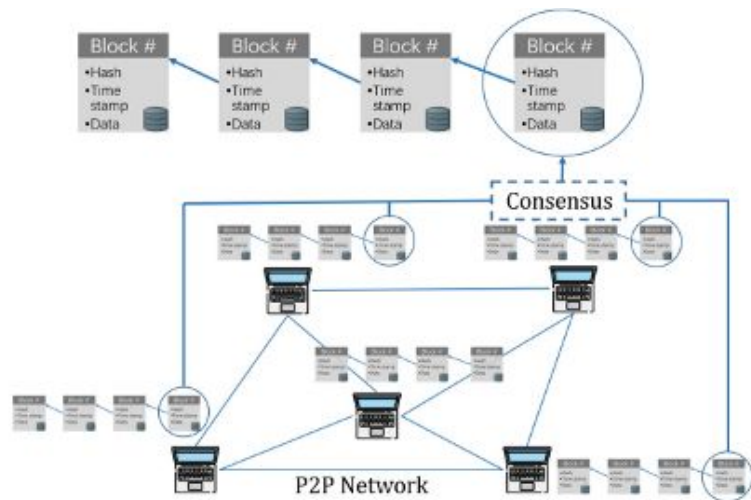
# 元宇宙技术：区块链

# 区块链

在元宇宙中，一切都被数字化成：

- 物理实体和系统的数字孪生
- 用户头像
- 各个地区的地图

由此产生了海量数据，可以将区块链应用于数据存储系统，以保证元宇宙的去中心化和安全性。



# 区块链 - 比特币

- 去中心化的数字货币, 无需中央银行或单一管理员参与, 可以在点对点比特币网络上直接从用户发送到用户, 无需中介
- 交易由网络节点通过密码学验证并记录在区块链的公共分布式账本中
- 比特币是作为对称为挖矿的过程的奖励而创建的。它们可以兑换成其他货币、产品和服务

---

Version
Previous Block Hash
Merkel Root
Timestamp
Difficulty Target
Nonce

The format of block

---

Transaction ID
Transaction serial number
Timestamp
Payer address
Receiver address
Signature

The format of transaction

# 非同质化代币和数字所有权

- 非同质化代币(NFT)是一个对象的所有权记录, 无论是数字的还是物理的
- NFT 存储在区块链上, 使该类记录具有分布式、互兼容和不可变的特点
- 随着元宇宙带来的物理数字二元性, NFT 将成为虚拟和物理对象交易的一个组成部分。



Source: CryptoKitties – Blockchain cat-breeding game



Source: Axie Infinity – Trading and battling NFT game



Source: Lion Run – 2D NFT Avatars

# 分布式金融 (DeFi)

## 服务经济生态系统

- 与 Web 类似, 元宇宙 应该是开放的, 而不是依赖于单个公司或实体。
- 元宇宙需要一个共同的、分布式的经济系统。
- 智能合约和 DeFi 能够建立共享经济, 每个实体都可以利用自己的货币, 同时实现所有生态系统之间的相互兼容性。
- DeFi 的应用, 例如去中心化交易所、流动性提供、借贷平台、稳定币或封装代币, 可以让高级用户支持生态系统



# 治理型代币

- 治理型代币是为了鼓励用户能够参与项目或社区
- 变更需要通过链上协议提出、投票和批准。
- 元宇宙应用程序开发人员可以为用户社区创建自己的治理型代币，以参与驱动应用程序开发的重大决策。

# 新的共识协议

- 现有的Proof-of-Work共识协议存在以下问题:
  - 高能耗
  - 交易率严重依赖网络计算能力
  - 网络计算能力重新集中在少数主要参与者中 (GPU 和ASIC计算资源)
- 可行的解决方案:
  - GPU 和 ASIC 弹性工作量证明算法
  - Proof-of-stake: 节点之间竞争以与其各自分配(或抵押)的加密货币数量成比例地附加区块
  - Proof-of-space: 利用存储而不是计算能力作为证明
  - Proof-of-time: 节点根据随机等待时间竞争附加块(需要特定硬件)
  - Proof-of-authority: 区块只被批准的节点批准

# 有向无环图 DAG

- DAGs 由节点和边组成
  - 比区块链的线性快具有更高效的数据存储性能
  - 节点之间不存在竞争
- 交易:被另一笔交易引用时可确认,可追溯至第一笔交易
  - 无需挖矿:无或低交易费用
  - 计算成本低:甚至可以在低功耗的物联网设备上完成
  - 解决现有矛盾
- 非集中化条件下的可扩展性的值得探索

# 元宇宙技术：计算机视觉

# 计算机视觉

- 视觉定位和映射
- 人体姿势和眼球追踪
- 整体场景理解
- 图像恢复和增强

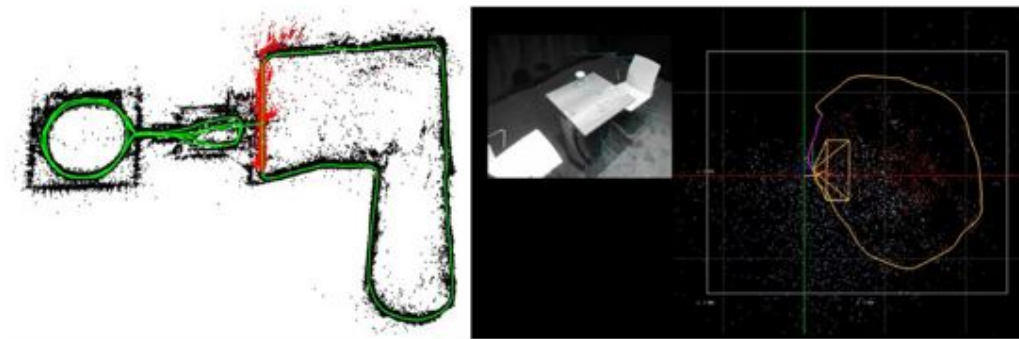


NVIDIA Omniverse Replicator DRIVE Sim

# 视觉定位和映射

目标: 获取未知环境的三维结构并感知其运动。

SLAM 是一种常见的计算机视觉技术, 用于估计设备运动并重建未知环境。



ORBSLAM

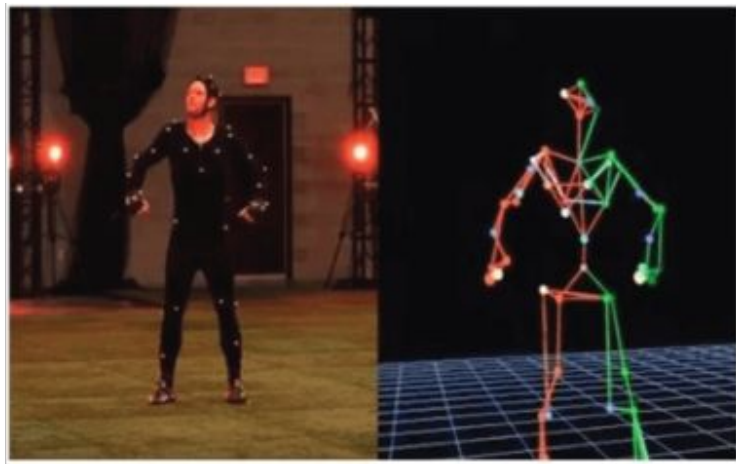
SLAM (ARCorev2)

# 身体和眼球追踪

**目的：**在元宇宙中，用户是用虚拟化身来表示的。因此我们不得不考虑在 3D 虚拟环境中对化身的控制。

在 VR 和 AR 的应用中，获得的有关人体姿态的视觉信息通常可以表示为每个人体部位的关节位置或关键点。这些关键点反映了人体姿势的特征，描绘了身体部位，如肘、腿、肩、手、脚等。

**身体姿势跟踪问题：**遮挡问题、多用户场景、照明变化



Openpose for pose tracking

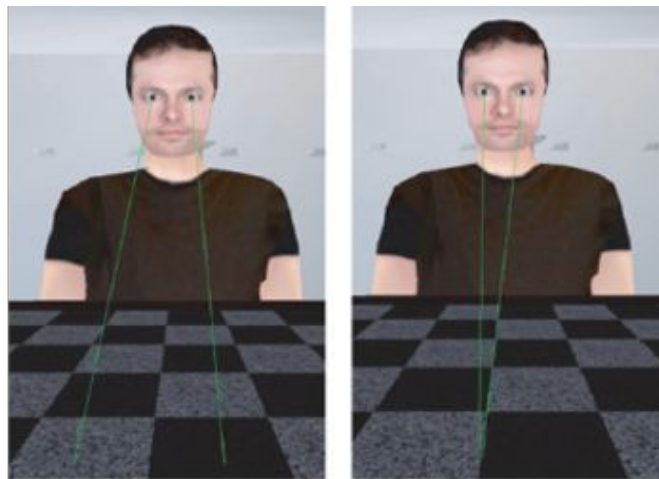
# 身体和眼球追踪

**目的:** 在元宇宙中, 用户是用虚拟化身来表示的。因此我们不得不考虑在 3D 虚拟环境中对化身的控制。

在元宇宙中, 虚拟化身需要“看到”身临其境的 3D 环境。

**难题:**

- 缺乏焦点模糊会导致对虚拟环境中物体大小和距离的错误感知。
- 由于遮挡, 不完整的凝视难以确保精确的距离估计。
- 眼球追踪可能导致晕动病和眼疲劳。



eye tracking with no eye convergence

eye convergence



# 整体场景理解: 立体深度估计

在元宇宙中, 深度估计是保证物体和内容精确定位的关键。

所有用户都拥有各自的虚拟化身, 数字内容和真实内容相互连接。因此, 在这样一个计算机生成的宇宙中, 深度估计是相对具有挑战性的。



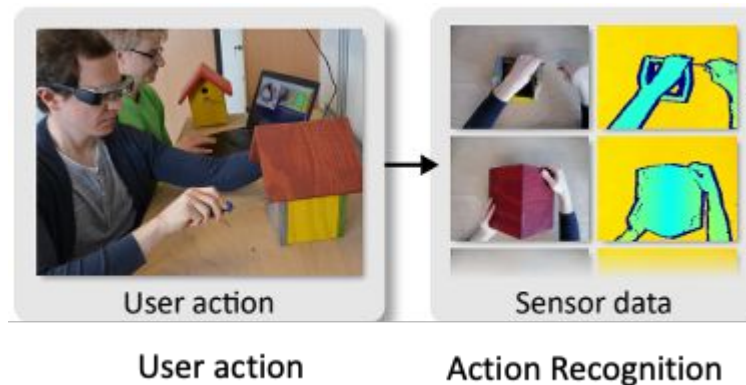
Environment

Stereo depth estimation

# 整体场景理解:行为识别

人类化身需要识别其他化身或物体的动作,以便化身可以在 3D 虚拟空间中相应地采取正确的动作。

人类化身需要在情感和心理上理解他人以及物理世界中的 3D 虚拟世界



Ref. [354]

# 图像恢复和增强

元宇宙与物理环境实时无缝连接。在这种情况下，虚拟角色需要与真人合作。因此在元宇宙中以更少的噪声、模糊和高分辨率 (HR) 来显示 3D 虚拟世界是很重要的



Motion blur image

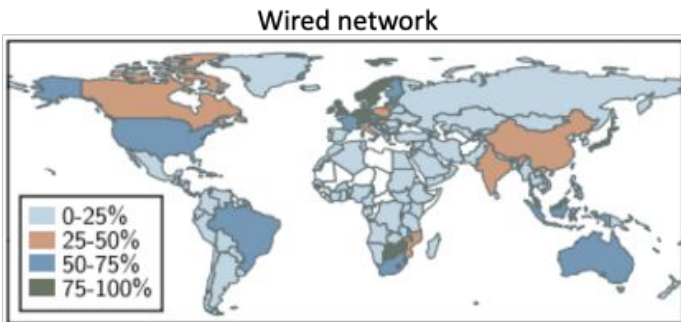
No motion blurred image



super-resolution

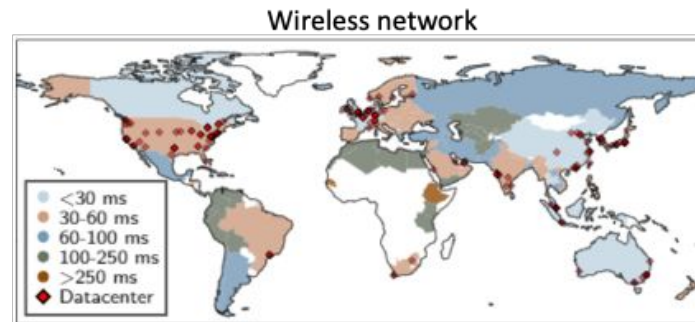
# 元宇宙技术：边缘和云

# 云服务时延



184个国家中只有 24个国家一直 (75-100%) 满足 MTP (20 ms)

<https://labs.ripe.net/author/lorenzo-corneo/surrounded-by-the-clouds-a-comprehensive-cloud-reachability-study/>



184个国家中只有中国云数据中心中值RTT低于 MTP (20 ms)

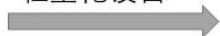
<https://cloudreachability.github.io/>

云服务时延无法达到元宇宙要求

# 若不采用云服务

- 元宇宙特征1:  
便于移动

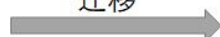
轻量化设备



- 元宇宙特征2:  
高计算强度



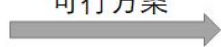
迁移



- 元宇宙特征3,4,5, ... :  
低时延, 隐私问题, 可扩展性, ...



可行方案



Edge computing

# 低时延



Edge computing



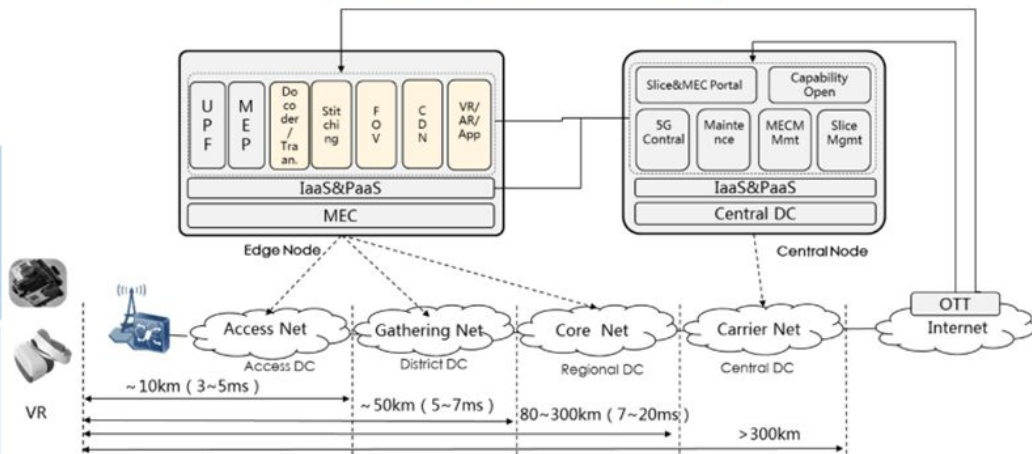
在物理上更靠近终端用户及其设备处计算、存储和传输数据

将所有数据传输到云端存储、计算

边缘计算可以部署 AR/VR 相关媒体和视觉服务

云计算可以提供数据备份和资源调度服务

边缘到云的端到端延迟的影响



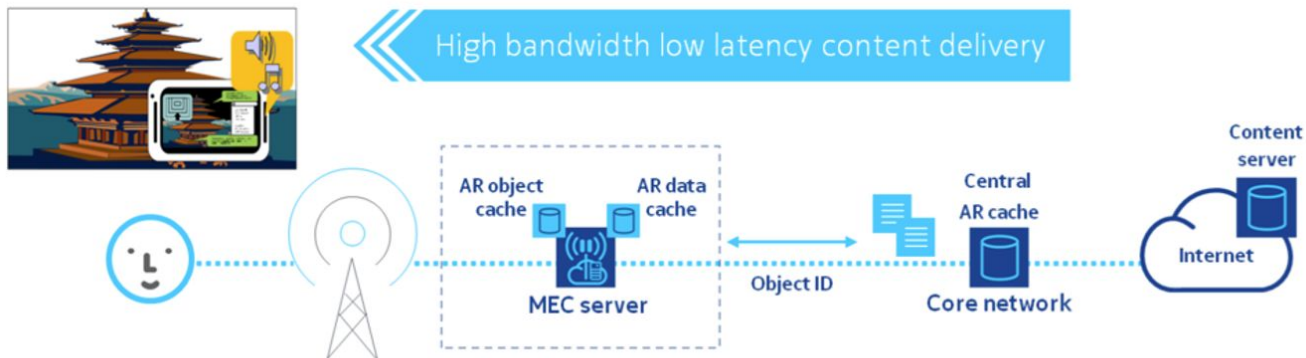
<https://www.gsma.com/futurenetworks/wiki/cloud-ar-vr-whitepaper/>

# 移动边缘云 (MEC) 的部署

**MEC:** 由ETSI 提出的以电信运营商为中心的边缘云模型。

MEC 中, 边缘服务器的部署、运营和维护由该地区的电信运营商处理, 通常与基站位于同一地点或相距一跳距离。

如 5G MEC 服务器只需一跳数据传输即可管理附近用户的AR内容, 并支持Pokémon GO等社交AR应用的实时用户交互。



[https://www.etsi.org/images/files/etsiwhitepapers/etsi\\_wp11\\_mec\\_a\\_key\\_technology\\_towards\\_5g.pdf](https://www.etsi.org/images/files/etsiwhitepapers/etsi_wp11_mec_a_key_technology_towards_5g.pdf)



# MEC现状

HoloVerse 是DoubleMe的全球性项目，全球移动运营商将在其中测试最佳5G MEC，以使用元宇宙无缝部署各种服务。

Niantic 是一家著名的公司，开发了《Pokémon GO》和《哈利波特：巫师联盟》，设想打造“星球级 AR”。它与全球电信运营商合作，包括德国电信、EE、Globe Telecom、Orange、SK Telecom、SoftBank Corp.、TELUS、Verizon 和 Telstra，以利用 MEC 提升其 AR 服务性能。



# 隐私问题

元宇宙将会收集海量的 **用户数据**，同时也将带来**更多潜在的隐私问题风险**。

元宇宙可能会收集 **更多的生物识别信息**，例如语音和虹膜信息

**非元宇宙**: 如果用户丢失密码，可能会丢失一些数据并重置密码，代价可忽略不计

**元宇宙**: 一旦生物识别被破坏，它们将永远被破坏并且无法撤销，带给用户巨大的麻烦。



Current passwordless authentication with biometrics

# 边缘计算 VS. 云计算



Edge computing

优势:

- 靠近最终用户，延迟更低
- 为附近用户的交互提供更快的调度
- 本地数据处理，保护隐私



优势:

- 长时间、大规模的元宇宙数据存储
- 低运营成本
- 高算力

高效率的边-云协作是优化边缘和云之间交互的必要条件，以满足元宇宙中不同流程的多样化和严格要求。云计算可以为时延不敏感应用提供数据管理服务，而边缘计算可以为终端用户提供实时数据处理和数据交换服务。边-云协作可以优化云端和边缘端负载分配，以获得更好的集成服务，保证用户的无缝体验。

实例: 虚拟校园应用运行在云端，而学生之间的实时讨论运行在边缘端。

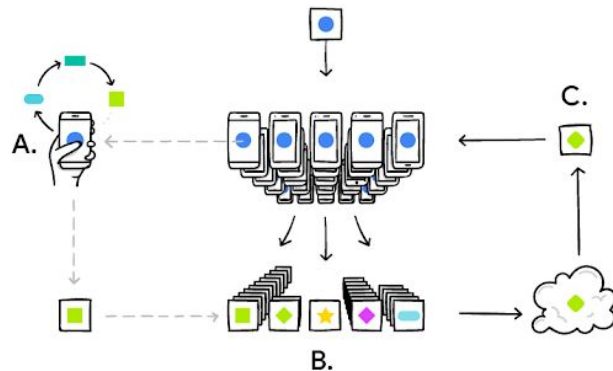
# 边缘计算 VS. 云计算

边缘端与云端合作以提供更优的全局性能, 同时保证个人用户的服务体验

## 边-云协作数据处理:

联邦学习: 一种获得广泛关注的分布式学习方法, 在本地设备上训练和保存用户数据, 并通过聚合本地模型更新全局模型。

它可以运行在靠近终端用户的边缘服务器之上, 在分布式客户端上进行大规模数据挖掘, 除了本地梯度更新之外, 不需要上传用户私有数据。该解决方案(在边缘端训练并在云端聚合更新)可以提高元宇宙的安全性和隐私性。



<https://ai.googleblog.com/2017/04/federated-learning-collaborative.html>

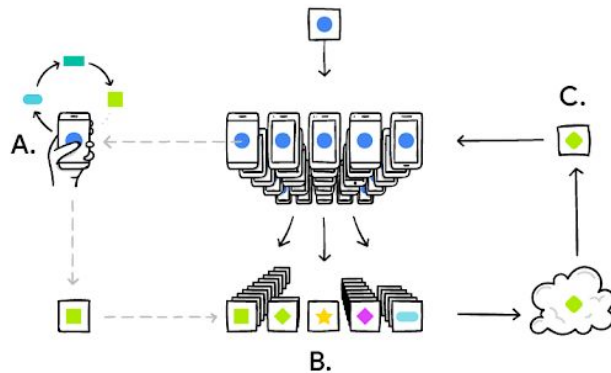
# 边缘计算VS.云计算

边缘端与云端合作以提供更优的全局性能, 同时保证个人用户的服务体验

## 实例:

数百万用户的可穿戴设备收集的眼球追踪或运动追踪数据可以在本地边缘服务器(理想情况下由用户拥有)中进行训练, 通过联邦学习进行全局更新。

因此, 用户可以在不泄露隐私的情况下使用 元宇宙中的视觉内容推荐等服务。



<https://ai.googleblog.com/2017/04/federated-learning-collaborative.html>

# 元宇宙技术：网络

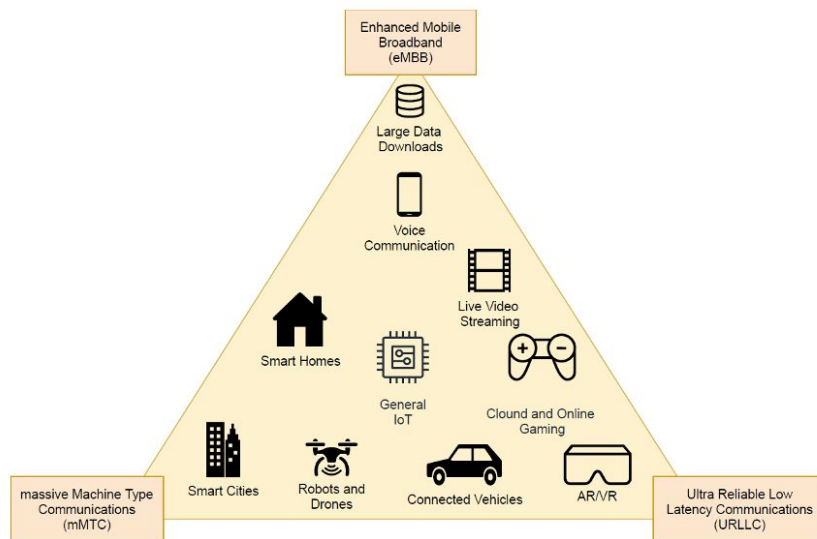
# 5G 流量类别与元宇宙应用

元宇宙将充分挖掘5G网络的潜力, 充分满足各类元宇宙应用的网络需求:

**时延敏感应用:** 云游戏、AR/VR、自动驾驶

**通用型网络应用:** 语音通信、视频流

**大规模MTC:** 智能家居、智能城市、无人机蜂群、工业物联网



# 要求与限制

## 元宇宙以用户为中心:

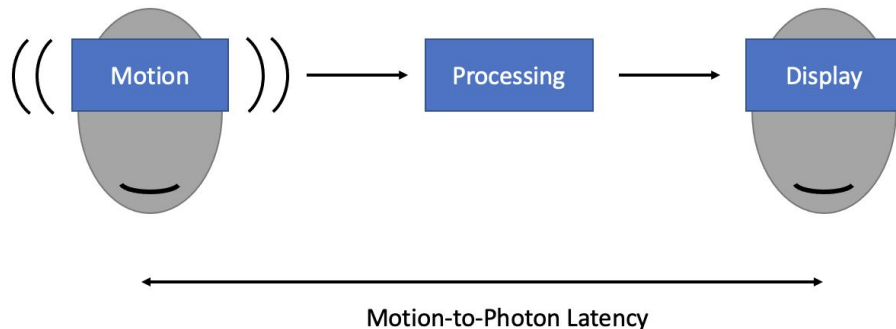
- 性能需求直接取决于用户对性能的感知
- 性能指标取决于用户感知系统的粒度

## 处于核心的扩展现实技术对网络具有严格的限制:

- 超低运动光子时延: 低于 20ms, 理想情况下为毫秒量级
- 持续性、稳定性、高帧率: 最低 60FPS, 帧间地抖动, 最小化缓冲时延
- 高分辨率: 最低 2K, 最高 16K, 且单个设备高吞吐量 (2K时为25Mb/s, 16K时为 200Mb/s)

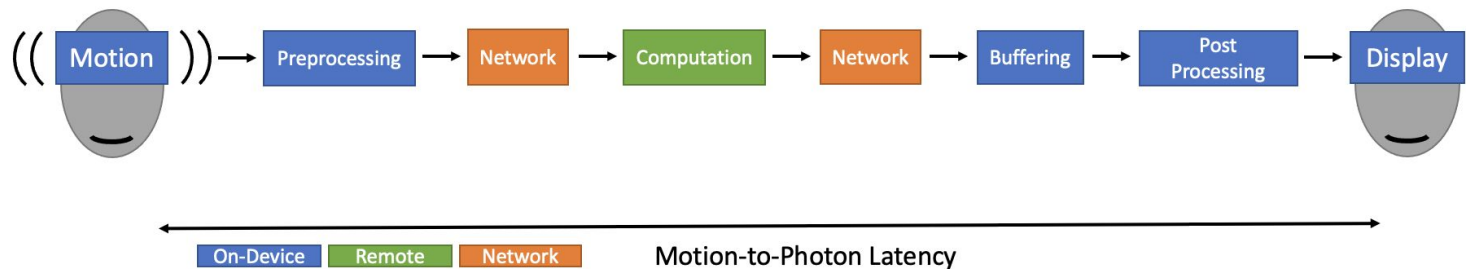


# 运动光子时延



- 运动光子时延(Motion-to-Photon latency) 指用户的运动需要充分反映在显示屏上的时间
- 在以用户为中心的应用中, 运动光子时延是反应用户体验的关键指标
- 比如:
  - a. 用户头部运动和VR更新显示之间的高延迟 -> 晕动病
  - b. 游戏中用户输入和动作之间的高延迟 -> 性能不佳
  - c. 混合现实中用户头部运动和更新显示之间的高延迟 -> 对齐问题

# 网络环境中的运动光子时延



计算迁移时间 = 计算时间 ↓ + 网络与缓冲时延 ↑.

- 网络时延 → 运动光子时延 ↑
- 网络不稳定(抖动) → 缓冲时延 ↑
- 吞吐量 → 运动光子时延 ↑ + 帧率 ↓

# 低时延网络的挑战

## 现有5G网络无法达到时延要求

- 尚未部署 URLLC(0.5ms RAN 时延)
- eMBB(有 5 ms的 RAN时延)在4G 核心网络上以非独立模式运行(增加 10-20 毫秒)

## 吞吐量太低, 无法满足极端要求

- 难以保证单个设备在各种场景下吞吐量超过100Mb/s

## 覆盖范围存在盲点

- 网络性能突然下降会显著降低体验
- 毫米波可用于扫除城市环境中的覆盖盲点

## 在同一区域同时为大量用户提供高性能服务具有挑战性

- 毫米波技术可用于解决该问题

# 以用户为中心的网络

即使采用 5G 全预测功率，仍然难以满足最受限制应用的要求

**需要围绕用户的优先事项进行设计网络方案：**

- 哪些网络指标对用户体验影响最大？
- 不同类型的内容有哪些要求？
- 如何在拥塞的情况下规范传输，同时最小化对用户体验的影响？
- 哪些组件可以在不影响用户体验的情况下允许降低体验、更高的延迟和抖动？
- 哪些技术可以用来解决网络条件中的瞬态退化？

以上问题的解决有助于针对应用设计更好的QoE标准

# 移动性:以用户为中心的网路的关键因素

- **用户移动性会影响网路性能:**
  - 覆盖范围因地点而异
  - 连接到基站的网路数量不同
  - 障碍导致较低的 SNR
  - 切换导致服务中断, 时间延长
- **移动性导致显著的带宽和延迟变化以及高抖动。**
- **在设计以用户为中心的网路应用程序时应考虑移动性**

# 网络感知应用

5G 标准规定了基站与用户设备通信链路的特征机制

- 比用户端更细粒度的可用资源测量
- 如何和服务器端通信, 并考虑所增加的时延?

**跨层操作可提升性能:**

- 应用层可以根据端到端的路径估计适配发送的内容
- 传输层的拥塞控制算法可以根据RAN 信息, 实现更细粒度的瓶颈链路表征
- 应用层可以将 QoE 参数结合拥塞控制算法, 以实现用户优化传输

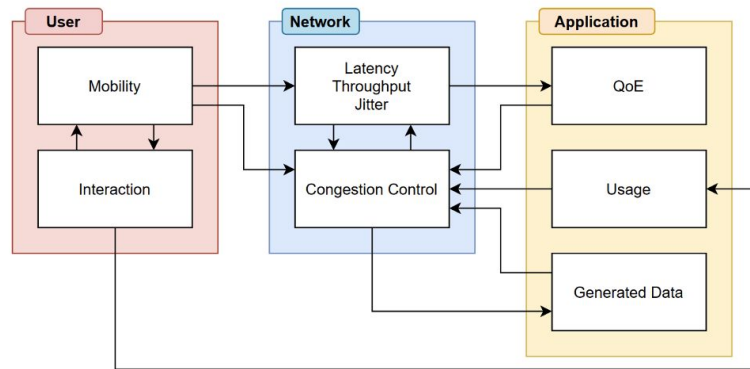
# 以用户为中心和网络感知应用的结合

应用层和网络层可以协作优化以用户为中心的数据传输

拥塞控制协议同时考虑用户移动性和应用程序的要求

应用程序将 QoE 和使用数据反馈给拥塞控制协议

拥塞控制协议为应用程序开放网络测量以适配内容生成

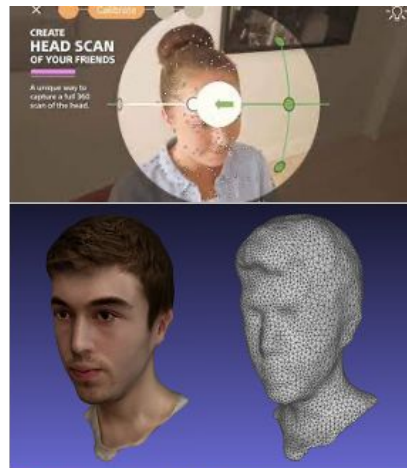


# 元宇宙生态系统： 虚拟化身



# 虚拟化身

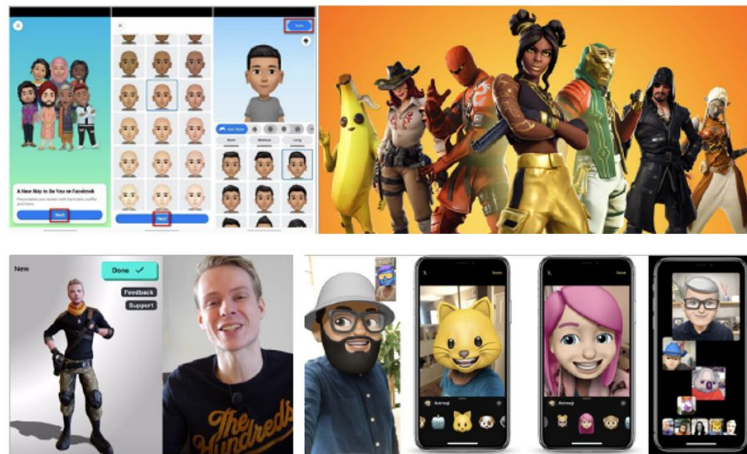
- 化身表示用户在虚拟空间中的数字表示。
- 人类用户的数字表示旨在作为镜像自我来表示他们宇宙中的行为以及与其他用户的交互。



# 虚拟化身：现实生活中的例子

几个虚拟化身作为广泛虚拟世界中的“第二身份”在现实生活中的例子：

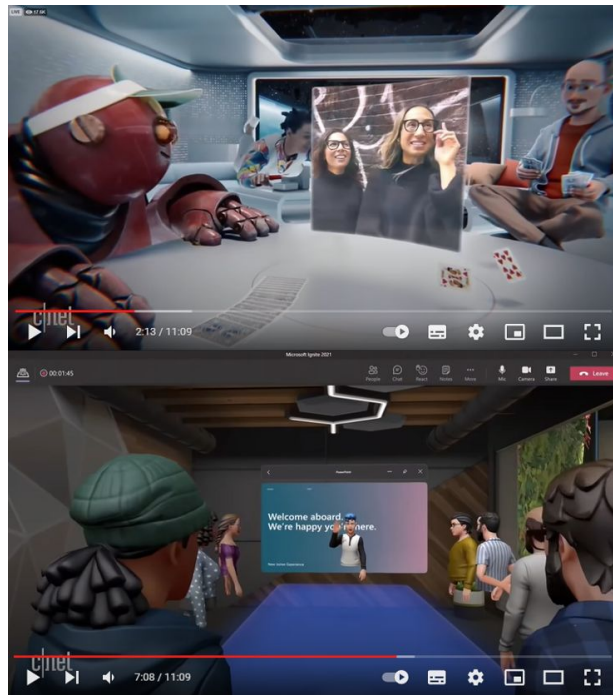
- **Facebook 虚拟形象**：用户可以在社交媒体上编辑自己的个人虚拟形象。
- **Fortnite**：一款多人游戏，允许游戏玩家创建和编辑自己的世界。
- **VR Chat**：一款虚拟现实游戏。
- **Memoji**：在苹果 iOS 设备上通过与卡通化的面孔使用 FaceTime 进行虚拟会议，这被视为增强现实的一个例子。



# 虚拟化身

虚拟化身的设计和外观可能会影响用户的感知  
(例如:真实感), 这受到一系列因素的影响:

- 虚拟化身的面部细节
- 虚拟化身相关的微表情
- 虚拟化身的风格、表现形式、颜色和位置



# 虚拟化身

虚拟化身在元宇宙中塑造虚拟社交互动在内的多用户场景中的表现方面起着关键作用。

通过虚拟化身与虚拟环境的用户交互相关方面有六个未充分探索的问题：

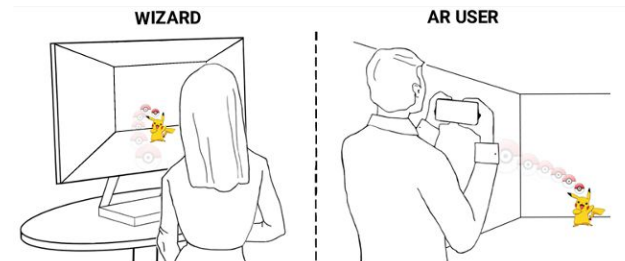
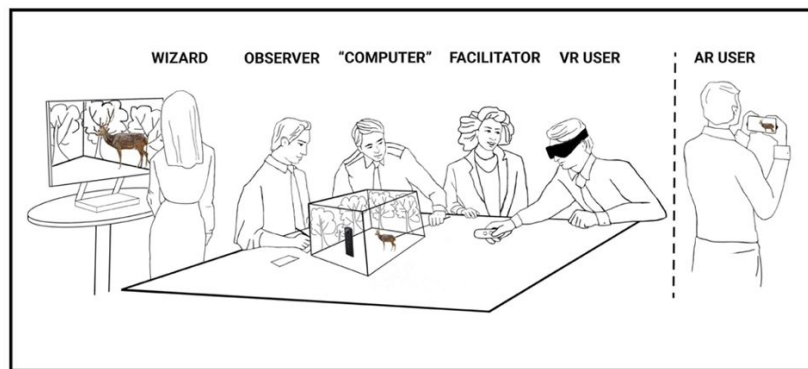
1. 在野外环境中用户的行为
2. 虚拟化身和它们在虚拟环境中的语境
3. 虚拟化身引起的用户行为
4. 用户隐私(从虚拟化身泄露)
5. 公平
6. 与物理世界的联系

# 元宇宙生态系统： 内容创作

# 内容创作:用户协作

在虚拟环境中,创作工具使具有各种角色的用户能够以直观和创造性的方式创建新的数字对象。

对等用户可以在虚拟环境中扮演不同的角色并协同工作,例如:向导、观察者、引导者、作为内容创建者的AR和VR用户等。



*Designers, the Stage Is Yours! Medium-Fidelity Prototyping of Augmented Virtual Reality Interfaces with 360theater. EICS, Article 205 (June 2021), 25 pages.*  
DOI:<https://doi.org/10.1145/3461727>

# 内容创作：信息自由、想法和行为

类似于互联网上采用的审查制度，我们推测类似的管理方法将在元宇宙中发挥作用，尤其是当元宇宙中的虚拟世界呈指数增长时，例如：阻止对元宇宙中某些虚拟对象和虚拟环境的访问。

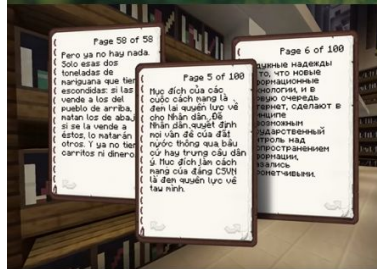
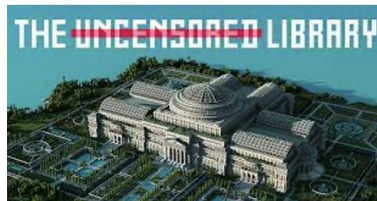
- 破坏虚拟世界之间的互操作性

在一个受审查的虚拟环境中，用户的日志及其交互痕迹会被根除吗？

既然如此，我们有没有办法保存这些毁坏的记录？

或者我们是否可以让任何工具暂时作为敏感和受限信息的避风港？

此外，其他新场景将出现在虚拟 3D 空间中。例如：可以用于限制某些虚拟化身的行为的管理方案、删除虚拟化身演讲中的某些关键字、禁止虚拟化身的身体姿势以及其他非语言交流方式。

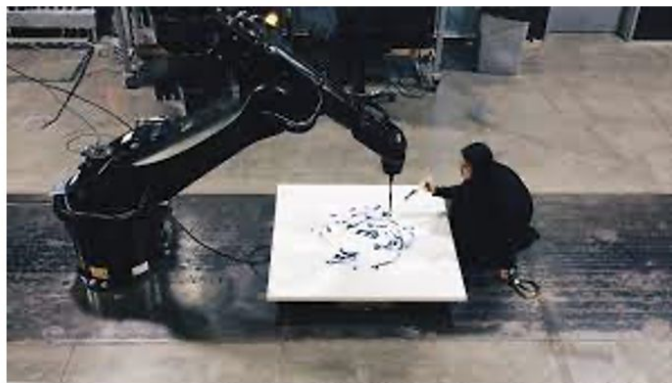


# 内容创作:创作者文化

由于元宇宙中的每个参与者都会参与创建虚拟实体并共同贡献元宇宙中的新资产，我们希望创作系统应该消除这种共同创建和共同贡献的障碍。

换言之，数字内容的创作很可能让所有的化身共同参与，而不是只有少数专业设计师。

- 研究为业余和新手创作者积极参与共创过程指定的创作旅程和激励计划的设计空间。
- 人工智能和人类协同共创？





# 内容创作:数字遗产

包含众多化身(和内容创建者)的虚拟生活空间可以以迭代方式将新的和独特的内容添加到他们的虚拟环境中。

在虚拟环境中,可以通过建立保存过时内容的潜在度量来进一步增强创作者的创作。例如:建立一个虚拟博物馆来记录数字内容的足迹。

下一个问题是保存的或同时期的数字内容应该如何出现在现实世界的环境中。

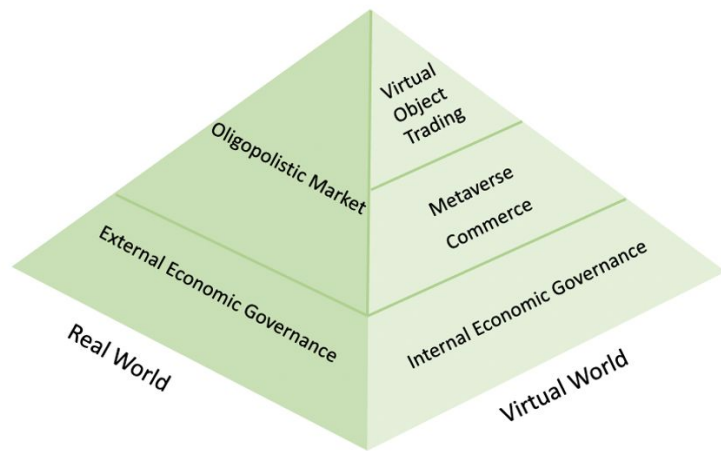


# 元宇宙生态系统： 虚拟经济

# 元宇宙经济的双世界金字塔

现实世界中的 **外部经济治理** 和虚拟世界中的 **内部经济治理** 共同构成了元宇宙经济运转的基础。

在金字塔顶端，我们有预期的元宇宙产业的 **市场结构**，以及 **元宇宙商业** 和 **虚拟物品交易**。



# 经济治理(内部)

1. 在虚拟世界中形成一个可持续的、值得信赖的货币体系,可以抵御通货紧缩的压力。
2. 打击非法经济活动,保护虚拟经济。
3. 规定虚拟财产所有权。



# 经济治理(外部)

“如果我们没有原则地创造它，将对所有人造成全面伤害”

——Tim Sweeney, Epic Games首席执行官\*

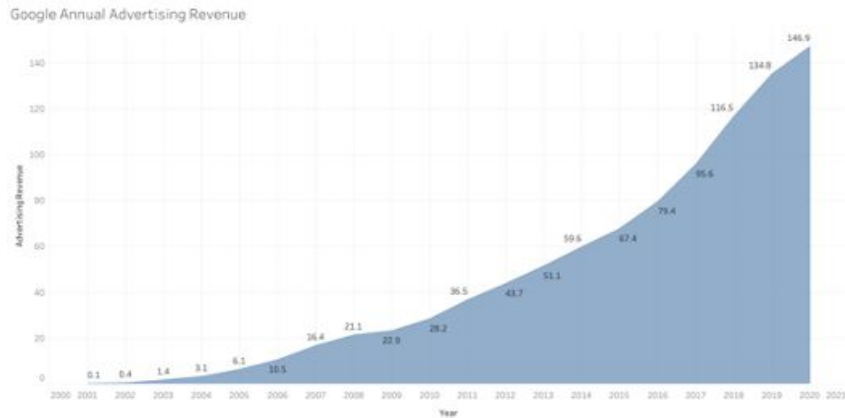
1. 在游戏中占据优势的主要科技公司(例如：Meta、微软)已经在为元宇宙的未来进行投资。
2. 规范元宇宙业务的主要参与者，防止勾结。



# 经济治理(外部)

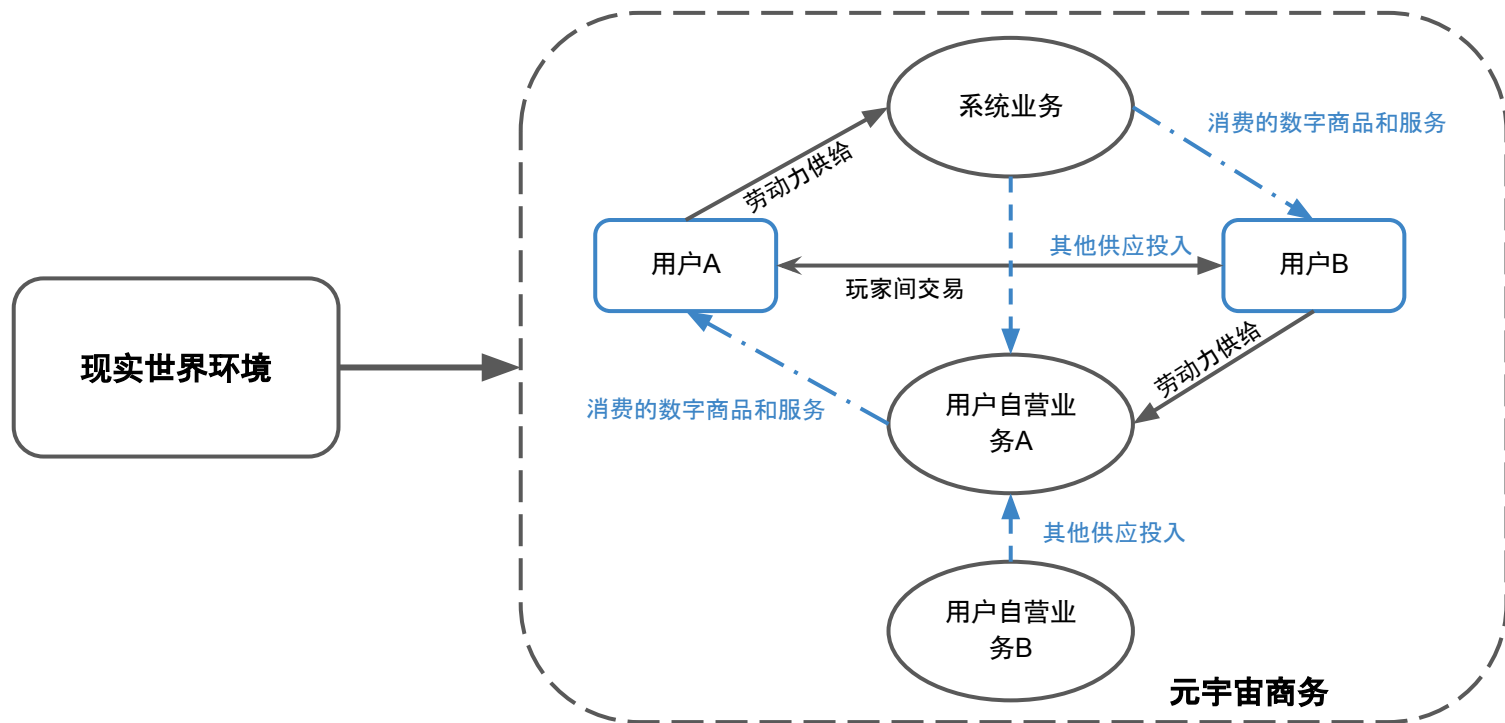
为什么一个充满恶意寡头垄断的元宇宙世界会令人担忧？

1. 公司甚至不需要靠向使用他们的元宇宙服务的玩家收取费用来生存。
2. 他们在我们这个正在崛起的另类世界中投放广告的能力足以保证丰厚的利润。



我们推测，在一个元宇宙世界中，广告将无处不在。公司是我们何时、何地、以及看到什么产品的唯一决策者。

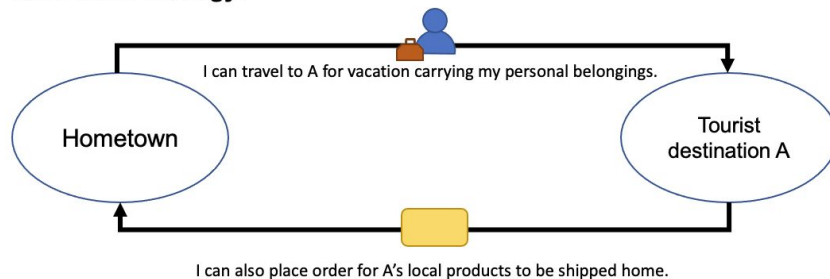
# 元宇宙商务



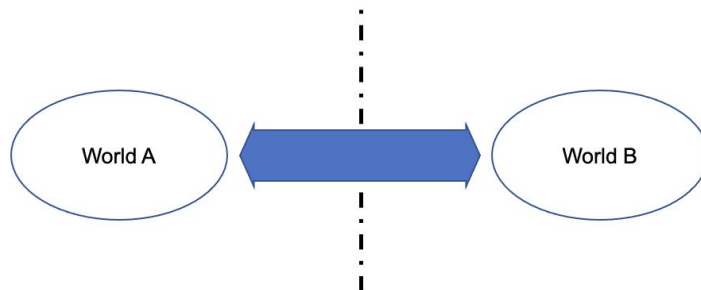
# 元宇宙商务

**互操作性:**从虚拟世界 A 到虚拟世界 B 无摩擦地携带/交易对象的能力。

**Real world analogy:**



**Permeable barrier between virtual worlds:**





# 元宇宙商务

**互操作性:**我们对两个世界之间如何进行交易的猜想。

数字对象通常很容易**复制**(例如, 流行电影的盗版)。

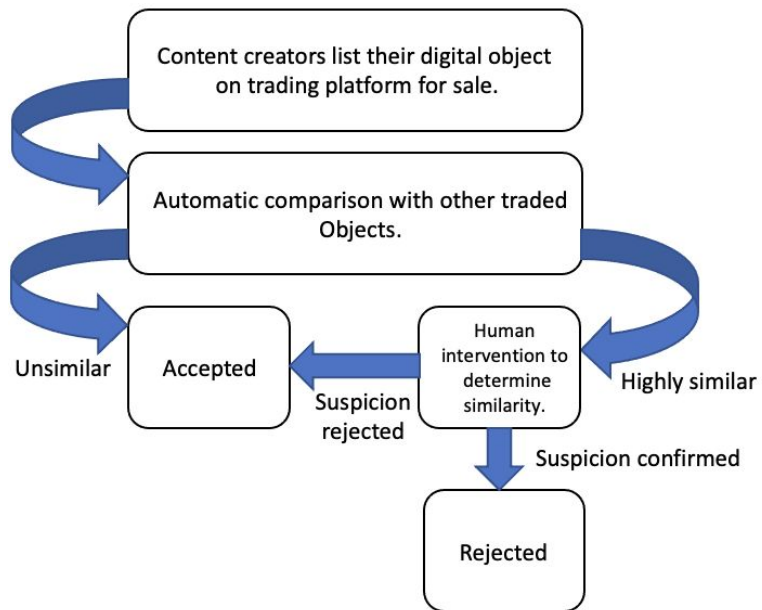
在数字原生阶段, 居住在元宇宙世界中的个人可能是虚拟内容的生产者。盗版和伪造将直接影响他们的个人福利。

在一个元宇宙的世界里, 人们应该如何规定数字所有权?

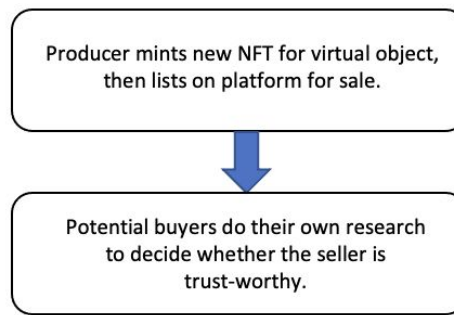


# 元宇宙商务

## One potential active screening mechanism:



## Passive approach:



# 元宇宙生态系统： 社会接受度

# 社会接受度:隐私威胁

社会会如何应对无处不在的技术？一些早期迹象表明，在不考虑公众担忧(或看法)的情况下，这些技术将使公众对谷歌眼镜的强烈抗议成为可能。

为了获得社会的认可，提出一个可验证的隐私机制将是需要解决的首要问题之一。

## Google Glass users fight privacy fears

By Heather Kelly, CNN

Updated 1948 GMT (0348 HKT) December 12, 2013



Anti-Google Glass icons from StopTheCyborgs.org, a group raising awareness about Google Glass privacy concerns.

# 隐私威胁

Facebook 和 Cambridge Analytica 数据丑闻引发了公众的强烈抗议。

- Facebook 被美国国会和英国议会传唤参加听证会。
- 不久之后, Cambridge Analytica 公司就破产了。

一种解决方案是根本不收集任何用户的数据。

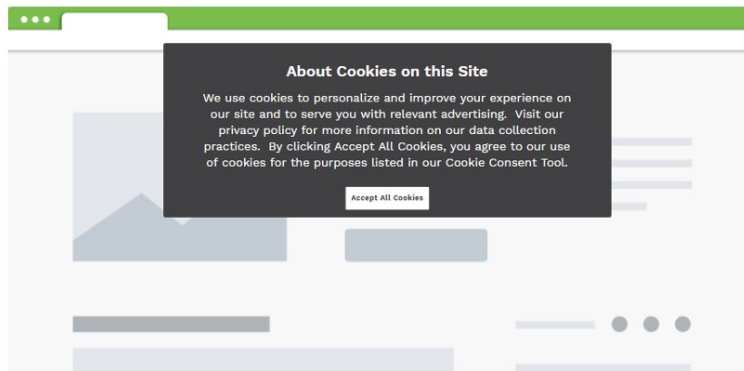
- 可行吗？
- 在每个新的服务会话中都需要签署同意书？



# 社会接受度

德国总理 安格拉·默克尔 等世界领导人也提倡的另一种解决方案是启用用户同意的隐私交易。

用户同意的隐私交易将使潜在创新所需的数据流动成为可能。同时它也将公平地补偿用户的数据，从而为更广泛的社会接受铺平道路。

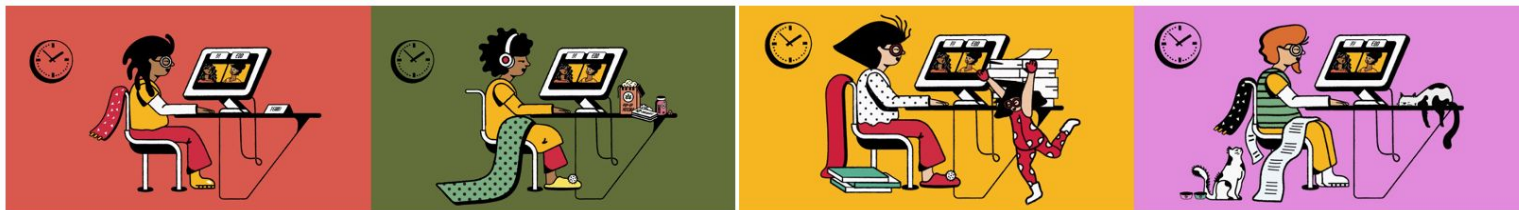


# 社会接受度：用户多样性

元宇宙应该包容社区中的每个人，无论种族、性别、年龄和宗教。比如儿童、老人、残疾人等等。

重要的是要考虑在用户面前展示个性化的内容，并促进推荐系统的公平性，以最大限度地减少偏倚内容，从而影响用户的行为和决策。所以一个问题被提出：

**“在考虑用户多样性的情况下，如何设计内容可以尽量提高被接受程度”**



# 社会接受度：公平

自治代理将参与虚拟世界中的治理角色，以减轻手工工作负载的需求。

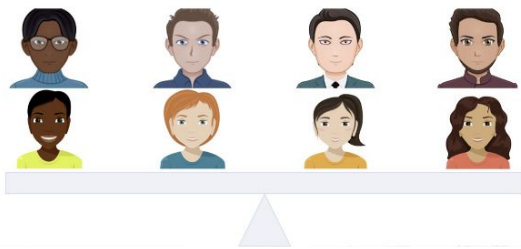
虚拟世界中的自治代理依靠机器学习算法对虚拟对象和虚拟化身的动态而持续的变化做出反应。

- 不公平或有偏见的模型会系统性地损害元世界中的用户体验。
- 偏向性服务可能会使某些用户群体处于不利地位。

元宇宙设计师应该打开渠道，收集不同社区群体的声音，并合作设计解决方案，在元宇宙环境中实现公平。

## Balanced Faces in the Wild (BFW)

A Face Recognition Benchmark



## From Bias to **Fairness** in AI



With **Fair Synthetic Data**



# 社会接受度:用户成瘾

当元宇宙成为人们在虚拟世界中消磨时间的最普遍场所时,过度使用数字环境(即用户成瘾)将是一个重要问题。

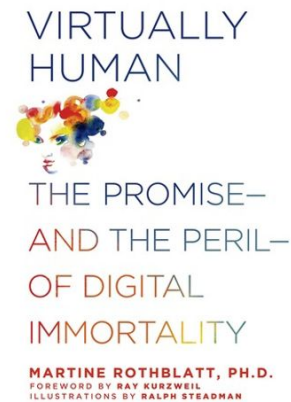
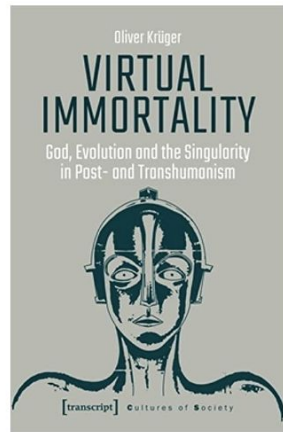
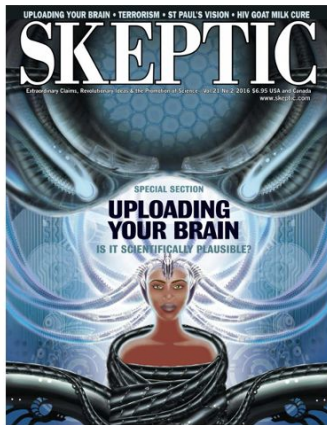
在最坏的情况下,用户可能会利用元宇宙来帮助他们“逃离”现实世界,即逃避现实。



# 社会接受度：其他因素

影响元宇宙的社会接受度的多种 设计因素：

- 虚拟的永生
- 数字的人性
- 数字遗产
- 设备可接受性
- 两代人的设计
- 对用户数码副本(虚拟化身)的接受程度
- 生态友好、环境负责等



# 元宇宙生态系统： 隐私和安全

# 传感器级别的隐私

智能设备等联网设备可以监控和收集用户信息:

- 个人信息(如:体育、文化、经济)
- 用户行为(如:习惯、选择)
- 通信(如:与个人通信相关的元数据)

用户接受的好处与隐私风险成正比。

用户不知道这些设备的持续记录。



# 传感器级别的隐私

在元宇宙中使用的主要设备包括：

- 头戴式显示器, 如 VR 头盔
- 可穿戴设备和触觉设备跟踪用户并向用户提供反馈

这些设备面临与前面提到的类似的隐私风险, 但在元宇宙中, 数字和沉浸式体验会引发更多的隐私威胁。

元宇宙可以是我们的现实数字副本：

- 在社交微观世界中, 用户展示真实的社交行为
- 包括隐私行为



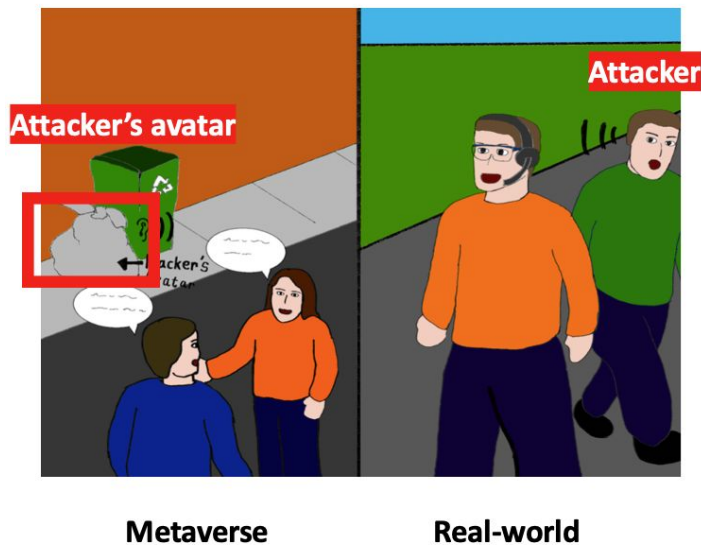
# 元宇宙中的隐私行为

在元宇宙中，个人可以创建虚拟化身：

- 符合真实的个人特征(如:年龄、性别)
- 虚构的, 动物或者其他人的形象:
  - 或者使用深度伪造来生成一个相似的人来迷惑其他虚拟化身
    - 收集更多关于其他用户的信息
- 攻击者可以利用此类虚拟化身融入虚拟世界, 如右图所示, 攻击者是一个垃圾袋, 窃听其他化身的对话。

用户还可以同时使用其他化身来迷惑攻击者

- 例如: 当在元宇宙中购物时, 用户化身的多个副本可能被放置在不同的位置。因此攻击者不知道哪个是用户的真实化身



# 伦理设计：数字孪生

## 治理：谁来监管元宇宙？

- 管辖权和限制
- 联邦模型
  - 控制成员的工具
  - 具有相同亲和力的成员组的特定虚拟空间
- 使用区块链和民主技术来控制非法行为



# 伦理设计：治理

数字孪生是反映实体物体的虚拟物体。

- 不仅与现实世界资产的外观相似，而且与物理行为相似

我们如何确定数字孪生是原创的？

- 使用像区块链这样的数字分布式账本技术来保护原创的数字孪生
- 非同质化代币(NFTs)提供了一个很好的示例





# 伦理设计:生物统计数据

元宇宙使用从现实世界收集的数据来提供身临其境的体验。

- 附加到用户的传感器(例如,跟踪用户头部运动的陀螺仪)可以更真实地控制他们的头像

整合此类生物识别信息以提供混合模式(输入-输出)以构建整体体验

**我们如何保护收集到的信息?**

- 隐私增强技术
  - 差异化的隐私保护,保护用户的信息
  - 联邦学习,在用户的设备中使用预先训练好的模型,不与第三方分享数据。



# 元宇宙生态系统： 信任、知情同意、问责制

# 信任与信息

## 如何建立一个可验证的信任机制？

- 当前网络充斥个各种网络八卦、造假信息

## 元宇宙可以解决孤独问题吗？

- COVID-19 的广泛影响迫使许多老年人陷入孤独的生活
- 老年人更容易受到网络诈骗

## 如何合理的让用户意识到发生在虚拟环境中的事件在现实世界中也是真实发生的？

- 用户在虚拟世界中的行为也许比在现实世界中泄露更多的信息



# 信任与信息

如何以一种温和的方式向用户提供环境感知，以建立信任？

- 在虚拟世界中向用户提供对物理世界的认识可能会提高信任度，但同时也可能降低沉浸感

反面案例：过度信任？

- 用户往往倾向于过度信任大品牌
- 而许多大品牌却在收集尽可能多的用户数据



**GOOGLE ADMITS GIVING HUNDREDS  
OF FIRMS ACCESS TO YOUR GMAIL**

**INBOX**

**Facebook admits tracking users and non-users off-site**

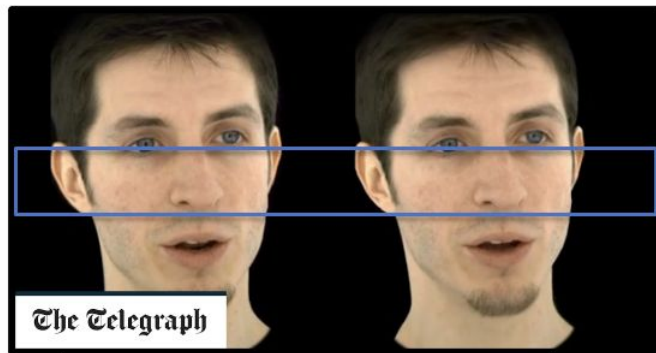
# 知情同意

## 如何设计知情同意机制，才能让用户的虚拟化身给与信任？

- 根据新信息给予/拒绝同意
- 用户虚拟化身可能无法动态捕捉用户面部表情

## 如何处理未成年人的敏感信息？

- XR 用户精于技术，但通常不太了解隐私风险
- 如何确定用户是否是未成年，例如，有效的父母的许可证明



Which one is really an Avatar?

哪个是虚拟角色？

# 知情同意

## 如何为特殊人群的用户设计同意机制？

- 例如，如果披露的信息会对妇女造成伤害，则不应该强迫他们提供该类信息

## 如何确保知情同意机制会产生有效的知情选择？

- 用户通常不会仔细阅读隐私政策



# 问责机制

问责机制与构建、部署、管理和使用 XR 系统服务的人员的责任、激励和追索方式相关

- 通常取决于内容审核

元宇宙内容审核机制如何确定用户虚拟化身是属于正常用户还是恶意用户？

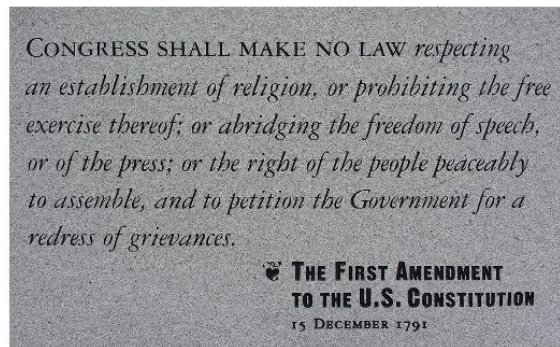
- 正常用户享受言论自由，而恶意用户需要加以限制



# 问责机制

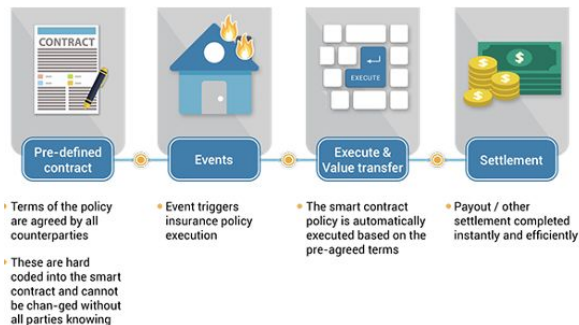
## 宪法能否作为为特定受众设计内容审核的标准？

- 使用宪法第一修正案作为美国用户的标准



## 元宇宙可以使用智能合约来确保问责机制吗？

- 使用智能合约来管理数据收集管道，始终遵循一组固定的知情同意策略，并在数据使用完毕后立即删除数据





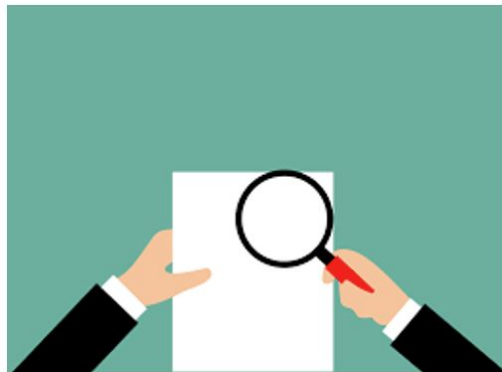
# 问责机制

## 如何审计用户数据基础上产生的二级信息

- 对于二级信息，难以确认其与准确的一级信息之间的关系。
- 谁真正的拥有二级信息，GDPR的重点

## 在元宇宙中如何定责？

- 用户的 XR 移动耳机投影的数字叠加层可能造成危险，例如：坠落窞井事故。
- 2020 年优步自动驾驶导致行人事故，此前并无司法先例



# 三大挑战

## 如何设计一个有原则的框架来定义个人数据，同时跟上潜在的创新？

- 元宇宙扩展了个人数据的定义，包括在XR数据传输途径中普遍存在的生物特征推断数据。
- 仅凭隐私条例是不能作为定义个人数据的依据的，因为它们无法跟上创新的步伐。

## 如何在元宇宙生态系统中发展用户同意的隐私交易机制？

- 如果用户不是因为自己的过错而不能享有，即隐私悖论，或大规模监视，用户是否可以得到补偿？

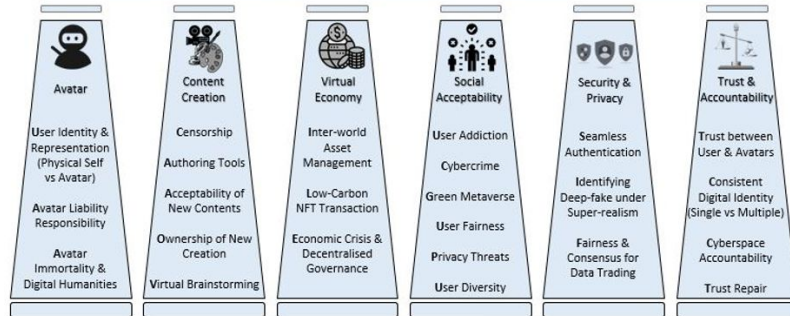
## 如何从一开始就将少数群体和弱势群体的权利纳入元宇宙生态系统？

- 目前大部分的在线社会技术系统都是基于规范性原则。
- 与传统的社会技术系统不同，元宇宙中潜在的虐待会有更灾难性的后果。

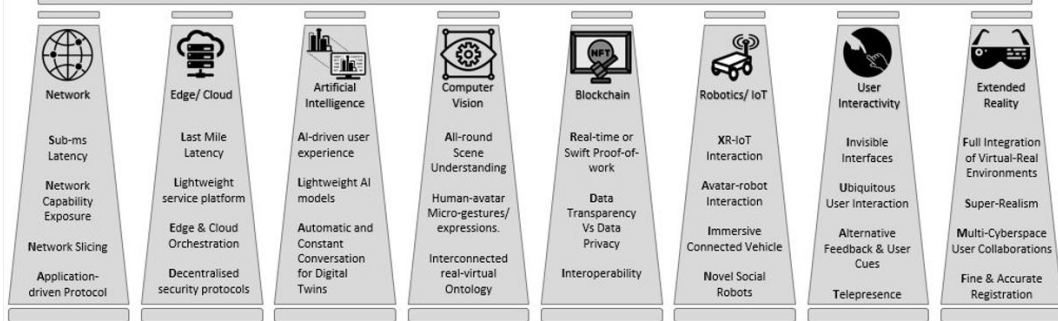
# 今后的议题



## The Six Pillars of Metaverse Ecosystem



## The Eight Pillars of Metaverse Technology Enablers



Hardware Infrastructure (e.g., Headset Resolution, Network Infrastructure)

# 元宇宙生存手册

本文档内容摘自以下技术报告：

*All One Needs to Know about Metaverse:*

*A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda*

扫描二维码

阅读原文

开始探索元宇宙！



# 元宇宙生存手册

The authors of the technical report  
would like to acknowledge  
Ms. Xian Wang and Mr. Yiming Zhu  
from HKUST SyMLab  
for their efforts in editing the slides.

技术报告内 原文作者

**感谢**

香港科技大学 系统与媒体实验室

**朱一铭** 先生 和 **王娴** 女士

编辑和翻译此中文简报



**王娴**  
Xian Wang



**朱一铭**  
Yiming Zhu