以虚拟形象为中心的增强现实协作式移动交互

Bianca Marques*DI，FCT NOVA* 里斯本新大学里斯本，葡萄牙
bl.marques@campus.fct.unl.pt

Rui N´obrega*NOVA LINCS，FCT NOVA* 里斯本新大学里斯本，葡萄牙
rui.nobrega@fct.unl.pt

Carmen Morgado*NOVA LINCS，FCT NOVA* 里斯本新大学里斯本，葡萄牙
cpm@fct.unl.pt

arXiv:2301.02527v1 [cs.HC] 6 Jan 2023

摘要——**与物理环境及不同用户进行交互，对于促进协作体验至关重要。为此，我们提出一种以中心点为基础的交互方式，该中心点由增强现实标记表示，多个用户可借此吸引虚拟形象的注意并与之互动。界面提供多种游戏模式和不同挑战，支持协作式移动交互。该系统促进用户与虚拟形象进行各种群体交互，并支持开展包含趣味与教育性组成部分的多种任务。**

与物理环境及不同用户进行交互，对于促进协作体验至关重要。为此，我们提出一种以中心点为基础的交互方式，该中心点由增强现实标记表示，多个用户可借此吸引虚拟形象的注意并与之互动。界面针对不同游戏模式进行了调整，并提供多种挑战，从而实现协作式移动交互。该系统旨在促进用户与虚拟形象进行各种群体交互，并支持开展包含趣味与教育性组成部分的多种任务。

索引词—**增强现实、协作、人机交互、虚拟化身**

I. 引言˜

互动与信息共享被视为人类的基本需求，并发生在我们的日常生活中，无论是通过面对面的交谈，还是借助让我们能够访问社交网络的设备。人机交互不断发展，使得各种界面得以开发，从而辅助计算机支持的协同工作（CSCW）[1]。

最简单的群体任务也能受益于计算机支持的协同工作（CSCW），借助增强现实（RA）技术，在娱乐、博物馆和文化活动等领域带来更具互动性 [6]和沉浸感的体验 [2]。

本文介绍了一种系统，专注于共享一个由多位用户同时争夺的虚拟化身。本文旨在研究不同类型的移动界面，以促进多位用户之间的协作互动。用户将沿着一段带有非常具体目标的叙事展开体验，并在移动设备上实时同步执行各种操作。故事为应用增添内容，以促进用户与虚拟化身以及用户彼此之间的互动。此外，系统还设有积分机制，使用户沉浸其中，并与情节建立更紧密的联系。

II. 相关工作

增强现实正迅速发展，应用领域广泛，例如医学、教育与培训、娱乐、市场营销、文化和商业等。谷歌、苹果公司和 Vuforia 等提供的多种软件开发工具包，使增强现实应用的开发更加便捷。

无论应用领域如何，用户都期望所呈现的信息自然、直观且令人愉悦 [2]。

a) 移动设备上的增强现实´：移动增强现实（移动增强现实，MAR）系统存在一些值得指出的重要局限。尽管便于携带，但电池续航、渲染能力以及互联网连接等因素 ˋ，都会妨碍用户充分体验。

MAR 系统日益增多，其中面向大众的成功案例之一是 Pokémon Go。另一个来自不同增强现实应用领域、并启发本系统创作的 MAR 案例是 MagicBook [7]，它借助一本真实的书，让用户在现实与虚拟世界之间穿梭。它不使用移动设备，而是使用增强现实眼镜。BBC Civilisations AR 汇集了多个国家的艺术品，是一个通用平台，并未与某个特定博物馆关联。The Speaking Celt 则以虚拟化身为基础，由它们引导博物馆参观者，并介绍文物及其历史。

b) 协作式增强现实：根据Renevier等人 [10] 的说法，高效的协作要求每位协作者对所呈现的数据拥有 ´独特的视角。当协作与增强现实相结合时，协作者更愿意共享同一物理空间。增强现实协作有两种类型：现场协作和远程协作。现场协作主要依赖同一物理空间中多位用户之间的语言或身体互动。相较之下，远程协作不共享物理空间，因此难以解读某些手势，用户之间也可能出现信息损失。Colab会议室是现场协作的一个例子，它位于施乐 [11]。Studierstube项目是最早的增强现实协作系统之一，也是增强现实现场协作的一个例子。

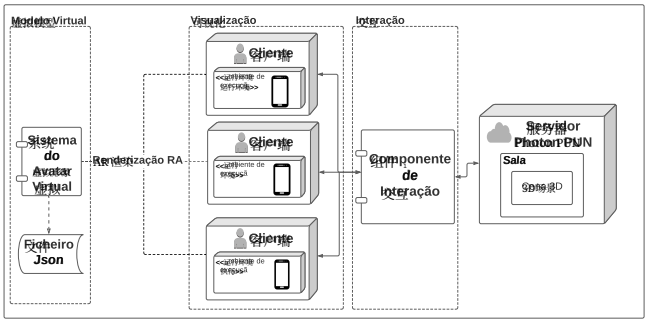

图 1. 系统架构由增强现实标记、客户端、各自的交互以及同步这些交互的服务器组成。

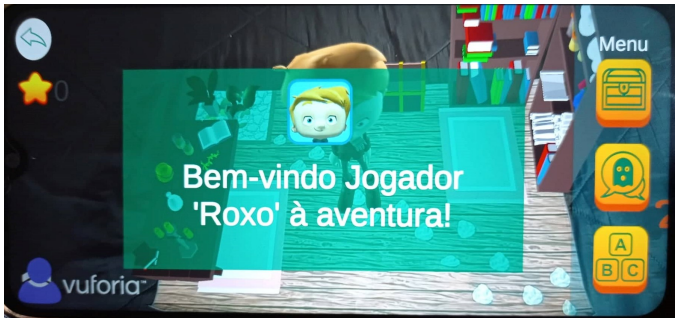

图2. 用户进入虚拟房间时显示的初始消息，并为其分配一种标识颜色。

III. 增强现实移动协作系统

该解决方案以使用标记为核心，旨在创建一个系统，使多位用户能够在同一物理空间中同时共享一个虚拟化身。用户执行的所有操作都会通过网络实时同步。界面提供两种操作：短操作，例如点击屏幕；长操作，例如玩一款迷你游戏。后一种操作可通过界面上的按钮菜单访问。

系统提供多种游戏模式，各自具有不同的目标和特定交互方式，以便从不同角度进行评估。其中一种游戏模式侧重于叙事，另一种则侧重于吸引虚拟形象的注意力。叙事营造出一个用户能够掌控的环境，与情节建立联系，使用户更具沉浸感。故事的发展让用户在执行多项操作并逐步获得分数的过程中肩负起一项任务。这项任务的目标是在简短和／或较长的操作中获得 20 个协作积分，以找到一件失落的文物。

该系统使用 Unity 构建，并采用了支持增强现实技术的附加组件；在本例中，使用的是 Vuforia。该软件开发工具包允许将标记存储在自身的数据库中，并从中提取特征，以便检测图像。特征 数量越多，图像就越容易被检测到。此外，还使用 Photon PUN 网络引擎实时同步每位用户执行的操作。为了创建新的交互方式，系统使用了一个用于语音识别的插件 ——*Speech And Text Unity iOSAndroid*。系统可通过简单的配置来设置故事、叙事和情节，只需修改一个 JSON 文件，即可彻底改变系统背景，使其成为全新的体验。系统架构如图 1 所示。

IV. 界面设计与功能

移动设备应具备直观的界面，让用户更轻松地使用，并缩短学习系统所需的时间。界面设计着重于设备在用户手中的舒适度和稳定性，因此默认方向为横向。这样，用户便拥有更大的游戏和可视区域。

如图2所示，长时操作（迷你游戏）以右侧的黄色按钮表示，而短时操作（点击和屏幕滑动）则由除菜单外的整个屏幕区域表示。这种划分方式旨在提升可用性，让用户更轻松地与界面交互。

至于 `短时操作功能，它们~包括：

点击 - 虚拟形象随着《Macarena》的音乐起舞。
点击 - 虚拟形象随着桑巴舞曲起舞。

- 3 点击——虚拟形象随着《I Like to Move It》的音乐起舞。
- 向任意方向滑动屏幕——虚拟形象随着《Twist》的音乐起舞。

- 4 点击或更多——用户触发小混乱，动画/舞蹈将从上述分数中随机选出。

- 4 点击或更多——用户触发混乱，虚拟形象随着《Axel F》的音乐起舞，来自*CrazyFrog*。

对于 `次或更多点击这一功能，是否触发小混乱或混乱，将根据用户截至当前为止的操作计算。换言之，就是将截至当前为止的个人点击次数除以虚拟房间中的用户总数。短暂的混乱操作旨在为游戏带来随机性和冲击。这项操作取决于游戏中的特定条件。如果用户数量较多，或个人操作次数较少，用户看到混乱的概率就会更高。

短时动作可在所有模式中进行探索，但仅限触碰模式和化身模式使用。长时动作是惊喜模式专属的迷你游戏，将在故事模式的下一小节中介绍。

每当用户进入虚拟房间 ´时，都会被分配一种独特的颜色 ´。颜色 ´是每位用户的标识符，显示在界面的左下角，如图2所示。每当用户执行操作时，都会出现一条通知，显示执行该操作的玩家所对应的颜色，以及所执行的操作，如图3所示。



图 3. 动作通知。虚拟化身面向执行动作的用户。

为了提升用户的体验和沉浸感，除了界面之外，还对待使用标记的尺寸和设计进行了分析。设计时考虑了叙事，并采用了一种不简单、不对称，也不像二维码那样乏味的图像。用户可以与两个标记交互：主要标记，以及用于其中一款迷你游戏的标记。主要标记以 A2 尺寸印制，可扩大虚拟世界的尺寸，让用户尽可能感受到真实感。另一个标记则供用户拿起和移动，因此尺寸较小。

用户启动应用程序时，有两种模式可供选择：触碰模式和故事模式。在故事模式中，有化身模式和惊喜模式。

A. 触碰模式

用户点击触碰模式后，不会获得任何关于如何与虚拟形象互动的信息。也就是说，该模式的关键在于发现可用于与虚拟形象互动的各种简短动作。在群体互动过程中，每位用户都会在执行已发现的简短动作时，争夺虚拟形象的注意力。

B. 故事 ´模式

当用户点击故事´模式时，会向其呈现叙事内容，并介绍挑战：与虚拟形象互动以获得20分。在此模式下，几乎所有短动作均值1分，但触发小混乱的短动作值2分，触发混乱的短动作值3分。简要说明目标以及短动作和长动作的教程也会在一个小教程中呈现。教程结束后，用户可以在化身模式和惊喜模式之间进行选择。需要注意的是，这两个模式共用同一个挑战。

1）化身模式：在化身模式下，用户与虚拟化身互动，同时尝试完成叙事中提出的任务。如果用户注意到某些短动作能让自己获得更多分数，便可以快速完成该任务。

2) 惊喜模式： 在惊喜模式中，用户可以进行短动作和/或长动作。长动作会显示文本框来说明小游戏，并引导用户。需要注意的是，如果用户选择一个小游戏，获得更多分数的可能性更大，最多可获得 4 分。长动作可以按顺序进行，也可以随机进行。还可以将两者结合，其中一部分按顺序进行，另一部分随机进行，具体取决于完成一个长动作所需的不同阶段。

关于 `长按功能，这些¸是：

a) 隐藏物品小游戏：组合操作。挑战 ´是找到钥匙´以打开虚拟场景中的箱子´。要完成挑战，用户需要与第二个标记互动，即复仇者的图像´，正确地将其定位´，并找到所有隐藏物品。

b) 小幽灵小游戏：顺序操作。挑战´是使用麦克风尽可能多地正确回答问题´。每位用户都在自己的设备上回答 `问题，不过他们可以互动并互相帮助，因为最终获得的分数 ´是协作共享的。

c) 猜词小游戏：随机操作。这款小游戏 ´的灵感来自绞刑游戏。挑战 ´是根据字母数量猜出单词，但只有7次尝试机会´。

所有模式的共同点 ´是，可以通过通知¸和虚拟形象朝向执行操作的用户的转动¸，看出是哪位用户执行了操作¸，如图3所示。

V. 评估

为了分析系统可用性以及团队协作的影响，我们针对26名参与者（13组）进行了两类测试：一类是单人测试，另一类是两人一组的测试。

分析总体参与者的特征可知，54%为男性，其余为女性，年龄中位数为22岁。一半的用户从未接触过增强现实系统；有过接触的用户提到的始终是《Pokémon Go》。

在单人测试中，使用了触摸模式（见第 IV.A 小节）。图4显示了未被检测到的短动作，以及用户对图例中问题的评价。观察图表可以发现，57.7%的参与者完全不同意该陈述，而7.7%的参与者甚至未能发现该动作。另一个值得注意的数据是，34.6%的参与者难以发现“混乱”这一短动作。在该模式下，收集了身体表情，并根据积极程度（欢快的动作、跳舞或大笑）按1至5进行评估，中位数为4。在触碰模式下进行的小组测试表明，13个小组中有8个（61.5%）在争夺虚拟形象的注意力时完成了所有短动作。未完成的短动作是2次点击和3次点击，比例相同。在该模式下，收集了个人身体表情，并根据积极程度按1至5进行评估，中位数为5。

在惊喜模式的小组测试中（见 IV.B.2 小节），所有用户都将该模式评为最喜欢的模式，其中 50% 的受访者认为隐藏物品小游戏最好。排名第二的是，

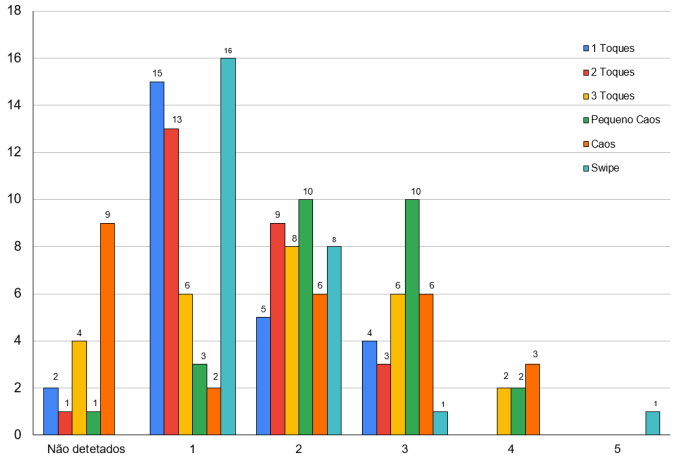

图 4. 触碰模式下短动作／每个短动作难度评价关系图。评价范围为 1（完全不同意）至 5（完全同意）`，陈述为：“功能 X 难以执行。”

单词发现小游戏，占 38.5%。最后是小幽灵小游戏，占 11.5%。不过，所有用户都认为协作交互体验良好。在所有迷你游戏中，交互体验都获得了积极评价，平均分不低于 4.7。

比较协作测试可见，在触碰模式下，用户会争相吸引虚拟形象的注意，而虚拟形象旋转和通知等所有组件都对积极结果起到了重要作用；相比之下，在惊喜模式下，用户进行了更多交流，并相互帮助完成更复杂的动作。结果显示，用户更喜欢执行具有更明显视觉影响的动作，而 1 次点击或滑动手指等更基本的动作对用户而言十分直观，用户无需帮助即可探索系统。这使得系统在可用性量表 SUS 中获得了 85.87 分。根据 Bangor 等人 [14]，的解释，该系统在可接受性量表中被认为是“可接受”的，在形容词评级中为“优秀”，等级为 B。

VI. 结论与未来工作

用户测试结果表明，用户在不同游戏模式下的交互体验积极，其中一些交互比其他交互更有益。具体而言，较简单的操作最直观，而较复杂的操作对用户更具吸引力。视觉和听觉信息增强了增强现实的积极影响，因此才能实现这一点（见表 I）。

探索与现实世界中物理对象的交互，或使用更多增强现实标记来增强系统的教学功能，或改变麦克风的交互方式，都是值得尝试的方向。总体而言，当前系统可供一人或多人使用，不受年龄限制，也无需学习如何使用系统。这表明，尽管有些用户既不了解也不习惯

表 I 群体交互结果

问题	Q1	中位数	Q3
”系统正确地调整了自身以适应这我使用的积极体验。”	4	4	5
”视觉方面让我沉浸在系-统中。”	4	5	5
”声音方面让我沉浸在系-统中。”	4	5	5
”我认为总体而言，协作交互~...该系统中的协作体验是积极的。”	5	5	5

增强现实应用，但这仍是实施各种体验、使其创新并从中受益的一个不错选择。

致谢

我们谨感谢 NOVA LINCS 研究中心通过项目 UIDB/04516/2020 提供的支持。

参考文献

[1] Reitmayr, G.; Schmalstieg, D.《移动协作增强现实》。载于：IEEE与ACM增强现实国际研讨会论文集，纽约，NY，美国（ 2001 114 123 ），第–页 M [2] White, F Liarokapis, J Darcy, N Mourkoussis, P Petridis 和 P. F. Lister.《用于博物馆文物可视化的增强现实》。载于：第4届爱尔兰计算机图形学研讨会论文集，欧洲图形学协会爱尔兰分会，北爱尔兰科尔雷恩，（ 2003 75 80 ），– M. Billinghurst, A. Clark 和 [3] G. Lee.《增强现实综述》。载于：Found.Trends Hum.-Comput. Interact. 第8卷。第2-3期。Now出版社（ 2015 73 272 ），第–页 D. [4] Chatzopoulos, C. Bermejo, Z. Huang 和 P. Hui.《移动增强现实综述：从现状到未来》。载于：IEEE Access 5（2017），第6917–6950页。[5] M. A. Sánchez-Acevedo, B. A. Sabino-Moxo 和 J. A. Márquez-Domínguez.《移动增强现实：不断演进的人机交互》。载于：虚拟现实与增强现实：概念、方法、工具与应用。（2018），第200–221页。[6] R. Nóbrega 和 N. Correia.《面向多媒体应用的图像交互式三维内容插入》多媒体工具与应用（2017），第163–197页。[7] M. Billinghurst, H. Kato 和 I. Poupyrev.《魔法书：一种过渡式增强现实界面》。载于：计算机与图形学 25（2001），第745–753页。[8] BBC Civilisations AR，https://www.bbc.co.uk/taster/pilots/civilisations-ar，（最后访问于25/07/21）[9] P. Breuss-Schneeweis.《The Speaking Celt：增强现实虚拟形象引领博物馆导览——案例研究》。载于：2016年ACM普适与泛在计算国际联合会议论文集：附录。UbiComp’16。美国计算机协会（ 2016 1484 1491 ），– P. Renevier 和 L. Nigay.《移动协作增强现实：增 [10] 强现实漫步》。载于：第8届IFIP人机交互工程国际会议论文集。EHCI’01。施普林格柏林海德堡（2001），第299–316页。[11] M. Billinghurst, H. Kato 和 I. Poupyrev.《与有形增强现实界面的协作》。载于：人机交互 2001 2001 797 803 （），第–页 Z. Szalavari, D. Schmalstieg, A. [12] Fuhrmann 和 M. Gervautz.《“Studierstube”：一个增强现实协作环境》。载于：虚拟现实（ 1998 37 48 ），第–页 Brooke, John. [13] 《SUS：一种快速而粗略的可用性量表》。Usability Eval. Ind.（1995），第189页。[14] A. Bangor, P. Kortum 和 J. Miller.《确定个体SUS分数的含义：增加形容词评级量表》。载于：Journal of Usability Studies 4（2009），第114–123页。