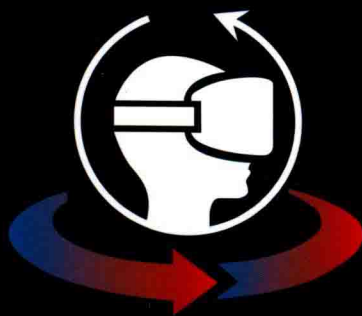


HoloLens

与混合现实开发

闫兴亚 张克发◎等著



感知世界，面向未来
混合现实让您走近下一代计算平台



机械工业出版社
China Machine Press

HoloLens

与混合现实开发

闫兴亚 张克发 张画画 裴梦泽 马柯 张世兴 赵素晗◎著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

HoloLens 与混合现实开发 / 闫兴亚等著. —北京: 机械工业出版社, 2019.6

ISBN 978-7-111-62757-9

I. H… II. 闫… III. 虚拟现实 - 研究 IV. TP391.98

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 090657 号

HoloLens 与混合现实开发

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 唐晓琳

责任校对: 殷虹

印 刷: 三河市宏图印务有限公司

版 次: 2019 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 186mm×240mm 1/16

印 张: 18.5

书 号: ISBN 978-7-111-62757-9

定 价: 79.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88379426 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294

读者信箱: hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

Dedication 寄语



孙鸿玉 RAVV 集团董事长

虚拟现实、增强现实将是下一代通用计算平台和互联网的入口，为经济、军事、民生等领域带来颠覆性变化。我们正在积极布局部分行业方向。



余文江 中国虚拟现实及可视化技术联盟 (CVRVT) 秘书长

人类正在由工业文明社会末期的信息化社会向信息文明社会过渡，如何解决未来社会中的人、社会与物理空间、信息空间的关系，虚拟现实、增强现实技术提供了重要的技术支撑。



许吉锋 广州口可口可软件科技有限公司 董事长

MR 是人类有史以来最具突破性的“显示应用系统”，这一特点也赋予了 MR 系统在娱乐、教育、科研、生产等领域的独特用途。



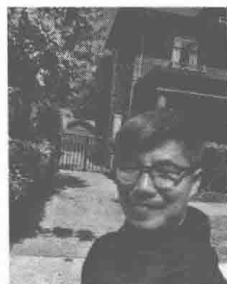
袁元 上海域圆信息科技有限公司 CEO

MR 是一项革命性的人机交互技术，将对人们的生活产生重大影响。MR 技术的发展将推动各行业的快速应用，为企业的发展带来新的增长动力，未来可期。



闫兴亚 西安邮电大学数字媒体艺术学院副院长

AR、VR、MR 技术的发展无疑要改变人类观看世界的角度，是一场人类感官体验的升级。现在仅仅是开始，未来将吸引无数人投入到这最迷人眼球的挑战中去。



苏波 深圳市增强现实科技有限公司 CEO

计算机和互联网在诞生早期的标签是“叛逆、崇尚自由、不作恶”，而被誉为第三代计算平台的 AR 则不同，它跳过以前新技术发展的童年的天真、少年的叛逆、青年的嬉皮，而直接进入了中年人的世俗期。



廖春元 亮风台创始人兼 CEO

“AR+”生态体系正在构建，这是有目共睹的进步。技术创新、开放平台、产业融合、应用落地、合作共赢，这几方面加起来组成了 AR 的未来，缺一不可。



张明军 ARinChina CEO

伴随 5G 商用脚步的到来，相信 AR/VR 技术从概念到现实应用又进了一步。期待更多有志之士能加入这个行业，共同用 AR/VR 技术来打造属于这个时代的未来。



蒋法成 南京恒点信息技术有限公司总经理

VR 创造了一个虚拟世界，AR 让这个真实又熟悉的世界更加灵动。VR/AR 无疑是当下以及未来技术的热点领域，掌握了 VR/AR 的开发技术，你就步入了创造未来世界的大门，前途无量。

Preface 前言

混合现实 (Mixed Reality, MR) 是指真实世界与虚拟的数字世界相结合产生的一种新的环境可视化方式, 其中的物理实体与数字对象能共存并实时相互作用, 在技术上涉及虚拟现实 (Virtual Reality, VR) 和增强现实 (Augmented Reality, AR) 的概念。混合现实的概念提出较早, 而真正被业内开发者所熟悉, 大约起始于微软在 2015 年 1 月 25 日所发布的 HoloLens 智能眼镜, 其强大的性能和极具科技感的体验让很多业内开发者赞叹不已。笔者于 2016 年年初接触到第一台 HoloLens 设备, 在体验了其中的应用之后, 深感混合现实技术将在不久的将来应用到各行各业, 因此学习了 HoloLens 官方开发者文档, 并将其整理为中文资料, 以方便开发者和学生参考使用。之后在教学过程中加入了 HoloLens 开发课程, 培养了一批擅长 HoloLens 开发的技术人才, 并将教学过程中的相关技术资料整理成册, 遂有此书。

自 2016 年后, VR 热潮逐渐退去, 但国内仍有一批企业坚持在相关产业中耕耘, 其成果在教育、工业、工程、军事、文化等多个领域落地生根、开花结果。随着软件技术的发展、硬件产品的迭代以及 5G 的商业化, 笔者相信, AR、VR、MR 技术在未来不再是花拳绣腿, 而将与人工智能、大数据等技术相结合, 产生巨大的商业价值。

2019 年 1 月 24 日, 在西班牙巴塞罗那举行的 2019 MWC 世界移动通信大会上, 微软发布了全新的产品 HoloLens2。这款万众瞩目的产品一经发布便赢得了业内的赞誉, 新一代 HoloLens 设备在沉浸感、舒适感及视场角方面均有了较大幅度的提升, 这意味着混合现实技术迈出了更加成熟的一步。

本书主要包含以下内容:

- 1) 混合现实的概念。
- 2) 国内外混合现实硬件及解决方案介绍。
- 3) Unity 程序设计基础。
- 4) HoloLens 开发与案例制作。
- 5) 其他平台的混合现实应用开发。

由于笔者只能利用工作之余编写此书, 书中难免有诸多不足之处, 希望广大读者给予批

评与指正。随着时间的推移与技术的发展，笔者将会继续完善书中的案例，修改书中的漏洞和错误之处。如果阅读本书的读者能在其中收获一些知识和信息，将是笔者最大的荣幸，也会是笔者继续完善此书的动力。如果你在阅读本书过程中有任何疑问，欢迎你加入以下 QQ 交流群：437374015。我们会在第一时间为你答疑解惑，并更新一些在线教程。

最后，非常感谢在背后支持我编写此书的家人、学生以及同事，有了他们的支持，我才有足够的精力和时间去完成此书。

张克发

About the Authors 作者简介

闫兴亚，教授，西安邮电大学数字艺术学院副院长、西安市虚拟现实沉浸式拍摄系统工程技术研究中心技术委员会主任、西安邮电大学数字文化产业研究院执行副院长。主要从事增强现实、虚拟现实及混合现实领域的相关研究工作。

张克发，《AR 与 VR 开发实战》作者，主要从事游戏开发、AR/VR 项目开发等，曾主导开发多个 AR/VR 商业项目，有多年 AR/VR 领域教学与培训经验。

张画画，软件工程师，毕业于西安邮电大学计算机专业，西部数字经济研究院数字文化产业研究分院虚拟现实增强现实应用研究中心工程师，研究方向为虚拟现实与增强现实技术。

裴梦泽，毕业于西安邮电大学计算机专业，西部数字经济研究院数字文化产业研究分院虚拟现实增强现实应用研究中心工程师，研究方向为虚拟现实与增强现实技术。

马柯，毕业于西安邮电大学计算机专业，西部数字经济研究院数字文化产业研究分院虚拟现实增强现实应用研究中心工程师，研究方向为虚拟现实与增强现实技术。

张世兴，加速想象力 AR/VR 开发工程师，Unity3D 讲师，擅长 C# 开发语言、UE4 蓝图开发，擅长主流 AR/VR SDK 二次开发，精通全景拍摄及后期制作技术。

赵素晗，毕业于西北大学数字媒体艺术专业，专注于平面设计、新媒体交互设计、原画创作等。

目 录 Contents

寄语	1.10.1 产品概述	26
前言	1.10.2 产品构成	26
作者简介	1.10.3 产品硬件配置和软件功能	28
第 1 章 什么是混合现实	第 2 章 HoloLens 介绍	30
1.1 混合现实的概念	2.1 Hologram 全息图的概念	32
1.2 微软的混合现实平台	2.2 HoloLens 硬件细节	33
1.3 Magic Leap One 介绍	2.3 HoloLens shell	35
1.4 Oglass AR 产品介绍	2.3.1 开始菜单	35
1.4.1 硬件产品	2.3.2 运行应用	36
1.4.2 软件产品	2.3.3 放置	36
1.5 HoloMax 多人全息交互系统介绍	2.3.4 应用程序栏	37
1.5.1 产品介绍	2.3.5 Cortana	38
1.5.2 产品特性	2.4 使用 MRC	38
1.5.3 应用范围	2.5 HoloLens 配件使用	38
1.6 5G 智能眼镜 XMAN 介绍	第 3 章 混合现实内容设计	40
1.7 NED+AR X2 介绍	3.1 传统内容设计与混合现实内容设计的区别	40
1.8 RealMax 产品介绍	3.2 混合现实中的交互设计	42
1.8.1 沉浸式 AR 眼镜 RealMax 乾	3.3 关于 AR、VR、MR 中的体验舒适度	43
1.8.2 高难度的结构集成	3.3.1 视觉辐辏调节冲突	44
1.9 EasyAR 介绍	3.3.2 渲染率	47
1.9.1 关于 EasyAR		
1.9.2 产品概述		
1.10 HiAR glasses G200 介绍		

3.3.3 移动	47	5.1.3 方法	104
3.3.4 凝视	47	5.2 Component 类和 Behaviour 类	108
3.4 混合现实设计中的呈现效果	48	5.2.1 Component 类	108
3.4.1 颜色、光线和材质	48	5.2.2 Behaviour 类	110
3.4.2 排版与字体	50	5.3 MonoBehaviour 类型	114
3.4.3 对象和环境的尺寸	52	5.3.1 生命周期	115
第 4 章 C# 编程基础实践	55	5.3.2 属性	122
4.1 Unity 引擎介绍	55	5.3.3 方法	123
4.2 Unity 界面介绍	56	5.4 Unity 数学基础：向量	130
4.3 Unity 中的编程语言	60	5.4.1 向量的概念和定义	131
4.4 第一个 Unity 程序	60	5.4.2 Unity 中的向量	132
4.5 数据类型	62	5.4.3 向量的运算	133
4.6 变量的定义	63	5.5 四元数	135
4.7 编译错误	63	5.6 射线检测	143
4.8 运算符与表达式	64	5.6.1 2D 射线检测	143
4.9 控制语句	67	5.6.2 3D 射线检测	151
4.10 函数或方法	69	5.7 Unity 文件读写	153
4.11 数组	70	5.7.1 小文件读写实例	153
4.12 自定义数据类型	71	5.7.2 文件内容的复制	154
4.13 继承和多态	74	5.7.3 大文件读写实例	155
4.14 object 类型	77	5.7.4 使用协程读写文件	157
4.15 装箱和拆箱	78	5.8 Unity 中的 UI 系统	158
4.16 集合	81	5.8.1 Text 文本框	158
4.17 比较和排序	84	5.8.2 Image 组件	161
4.18 泛型	90	5.8.3 Canvas 渲染模式	164
第 5 章 Unity 3D 引擎深入实践	92	5.8.4 其他控件	164
5.1 GameObject 类型	92	5.8.5 UI 的适配	165
5.1.1 属性	92	5.8.6 事件、遮罩、RenderTarget	166
5.1.2 构造函数	103	5.9 动画系统	169
		5.9.1 简单动画的制作	169
		5.9.2 复杂动画的制作	172

5.9.3 动画的切分	175	8.2 工程搭建	224
5.10 资源加载	175	8.2.1 新建工程	225
5.10.1 预制体 prefab	175	8.2.2 资源包下载	226
5.10.2 预制体的实例化	177	8.2.3 车模型下载	227
5.10.3 Resources 加载资源	180	8.3 视频播放功能实现	228
5.10.4 Resources 异步加载	181	8.4 车的移动功能实现	233
5.10.5 场景切换	182	8.5 车漆变色功能实现	236
第6章 打砖块游戏案例开发	185	8.6 车的拆解功能实现	239
6.1 案例介绍	185	8.7 总结	243
6.2 场景搭建	185	第9章 Oglass AR 应用开发基础	244
6.3 小球运动	187	9.1 开发介绍	244
6.4 碰撞检测	188	9.2 开发案例	246
第7章 HoloLens 开发基础实践	194	9.2.1 AR 编辑	246
7.1 使用 Windows Device Portal	194	9.2.2 算法设计	248
7.2 安装 HoloLens 开发工具	196	9.2.3 流程编辑	254
7.3 HoloLens 模拟器的使用	197	9.2.4 应用执行	255
7.4 配置适用于 HoloLens 开发的 Unity 工程	199	9.2.5 后台查询	257
7.5 Camera 摄像机设置	204	第10章 MulSDK 应用开发	258
7.6 凝视功能实现	204	10.1 开发工具	258
7.7 手势功能实现	206	10.2 开发过程	258
7.8 语音输入功能实现	209	第11章 HiAR 2D SDK 集成开发 基础	266
7.9 世界锚与场景保持功能实现	213	11.1 HiAR Glasses 简介	266
7.10 空间音效功能实现	219	11.2 HiAR 2D SDK 简介	267
7.11 空间映射功能实现	220	11.3 基于 HiAR Glasses 的 HiAR 2D SDK 集成开发	267
第8章 HoloLens 汽车展示案例 开发	224	11.4 HiAR 2D SDK 集成应用开发 举例	272
8.1 工程介绍	224		

第 12 章 基于 EasyAR 的 WebAR

开发.....274

12.1 EasyAR SDK 274

12.1.1 EasyAR SDK 介绍 274

12.1.2 EasyAR SDK 部分先进功能 简介 275

12.2 EasyAR CRS 275

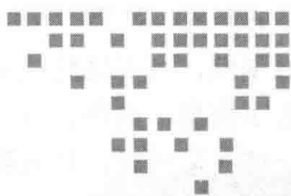
12.3 EasyAR WebAR 276

12.4 EasyAR Studio..... 277

12.5 EasyAR 教程 277

12.5.1 WebAR 开发..... 277

12.5.2 WebAR 小程序开发..... 282



什么是混合现实

1.1 混合现实的概念

参考文档：https://developer.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/mixed_reality。

混合现实 (Mixed Reality, MR) 的概念最早是由加拿大人 Paul Milgram 和日本人 Fumio Kishino 在其论文《混合现实视觉显示的分类》中共同提出来的，文章中提出：虚拟现实 (VR) 技术经常与各种其他环境相关联使用，不一定完全是沉浸式的体验，而是处于真实与虚拟之间的虚拟连续体 (Virtuality Continuum, VC) 上的 (见图 1.1)。这种将“虚拟”与“真实”合并的技术，我们将其统称为混合现实 (MR)。

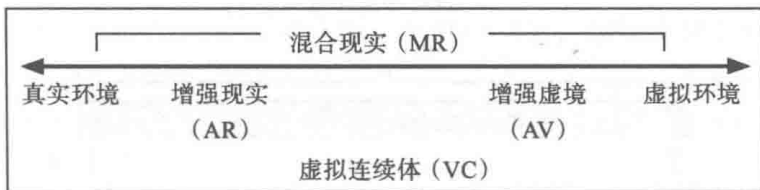


图 1.1

混合现实技术是真实世界与数字世界互相融合的结果，也是人、计算机及环境之间相互作用、不断演化的结果。在过去的几十年中，人们不断探索人与计算机的输入和输入关系，即所谓的人机交互。我们通常可以通过鼠标、键盘、触摸屏、声音，或者类似 Kinect 这样的体感设备等与计算机进行交互。甚至随着传感器技术的发展，让计算机能够根据不同类型的传感器输入，有效地理解或感知环境。比如，感知环境的边界、表面、光照、声音，识别对象和对象的位置等。图 1.2 所表达的就是这种人与环境、计算机之间的相互作用。

在今天，总的来说，计算机不但可以接收到人的输入，还可接收到环境的输入。这是混合现实体验的基础，有了这些技术，我们才能将物理世界的信息转化为数字信息。例如，当一台混合现实设备发现真实环境中有一个球在运动时，马上将球的运动状态转换为虚拟的球运动。这就相当于环境对计算机进行了输入，如果没有环境的输入，这种转换是不可能实现的。

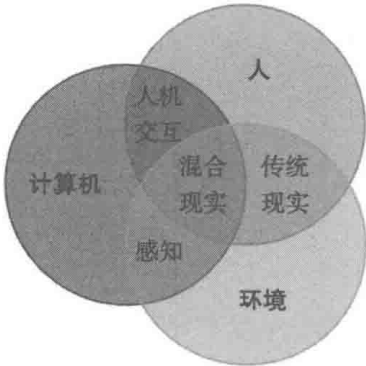


图 1.2

AR（增强现实）和 MR（混合现实）的区别是什么？这是我经常会遇到的问题。这个问题很难准确回答，因为 MR 并不是一个有明确边界的概念。因此我给出的答案大部分情况下都不能让提问者满意，但是依然可以尝试解释一下。

- ❑ AR（增强现实）：不具有环境感知能力，仅仅将图形叠加于物理世界的视频流上。注意这里的“叠加”一词，说明 AR 无法形成图形与真实环境的混合体验，比如不能与真实环境产生互相的遮挡关系。
- ❑ VR（虚拟现实）：完全沉浸式的体验，无法知道真实世界发生了什么，或者说，你根本看不到真实世界。
- ❑ MR（混合现实）：处于 AR 与 VR 中间的状态。

由于 MR 是一个中间状态，在其两端，左为物理世界，右为数字世界。如图 1.3 所示，从左到右依次为：物理现实，增强现实，虚拟现实，数字现实。这个图谱又称为混合现实光谱（mixed reality spectrum）。

今天我们能够看到的大多数设备都只实现了这个图谱上非常小的一部分，目前没有哪一个设备可以呈现整个光谱上的体验。但是相信随着时间的推移，技术的进步，MR 设备也将扩展其在图谱中的适用范围。虽说路漫漫，但我们仍然坚信未来属于 MR。

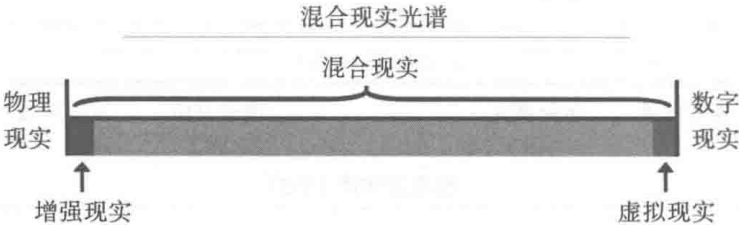


图 1.3

1.2 微软的混合现实平台

微软可以说是混合现实的“布道者”，其基于 Windows 10 系统推出的混合现实平台可以让用户具有上节中所提到的人、环境、数字之间的混合现实体验。这个平台称为：

Windows Mixed Reality。

目前主要有两种设备可以有这种混合现实体验。

1. 全息设备 (Holographic device)

代表设备为 HoloLens，见图 1.4。HoloLens 可以将数字影像放置在真实环境中，达到以假乱真的效果。当然，你也不能说数字信息就是假的，因为它是真实存在的，而且你看到了它。戴上 HoloLens 可以同时看到真实环境和虚拟物体。拥有 6 自由度的追踪定位能力。HoloLens 无须连接其他主机，本身就是一台计算机。

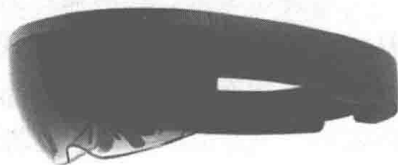


图 1.4

2. 沉浸式头显 (Immersive device)

例如惠普（见图 1.5）、宏基（见图 1.6）的头显都是沉浸式头显。这种设备采用不透明的显示屏幕，你无法看到真实世界，它同样有 6 自由度的追踪定位能力。这种设备目前需要连接一台主机以运行。其实，这种设备本身的体验与 HTC VIVE、Oculus 等 VR 设备的体验类似。



图 1.5



图 1.6

微软除了推出以上硬件方案外，还提供了兼容以上两类设备的开发环境和接口，方便开发者快速开发出有 MR 体验的游戏或者应用。这也是本书后续章节的主要内容。

1.3 Magic Leap One 介绍

Magic Leap 公司的 Magic Leap One（见图 1.7）正式于美国东部时间 2018 年 8 月 8 日 8 时 8 分发布，也就是北京时间 8 月 8 日晚上 8 时 8 分。

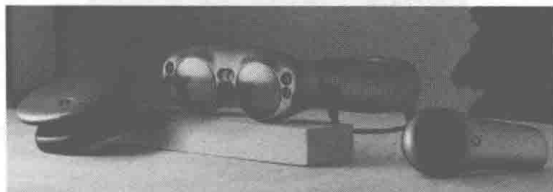


图 1.7

Magic Leap One 包括一个头显 (Lightwear)、一台便携式主机 (Lightpack) 和一个控制手柄。Magic Leap One 具有数字光场、视觉感知、持续对象、声场音频、高性能芯片组和下一代界面等特性。其中“数字光场”是 Magic Leap One 最大的技术特点。

语音、手势、控制器合为一体，当处在一个未知的环境中时，人们往往会带上所有工具。对于混合现实来说，当我们暂时还没有搞清楚什么才是正确的交互时，只能让所有交互方式一拥而上。Magic Leap One 设备上有大量的传感器，让头显能够支持语音输入、手势识别、眼球追踪及蓝牙控制器等几种交互方案。

Magic Leap One 采用衍射波导光学方案 (不是光纤扫描)，水平视场角为 40 度，垂直视场角为 30 度，对角线角为 50 度，如图 1.8 所示。



图 1.8

以下是配件介绍。

1. 混合现实头显 (Lightwear)

Lightwear 的外形类似于护目镜，用户可以同时看到现实世界和虚拟世界，就好像戴着一副特殊的眼镜，如图 1.9 所示。Lightwear 与一个称为 Lightpack 的强大的口袋大小的设备相连，可以将虚拟的机器人、太空飞船等，几乎任何东西投射到人们眼前的现实世界中。

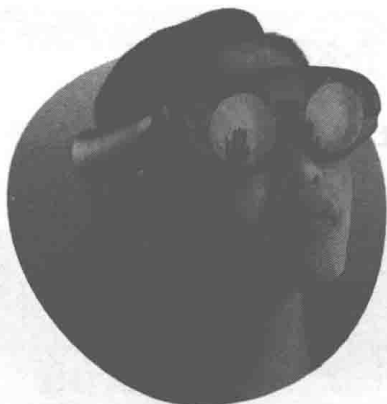


图 1.9

2. 便携式主机 (Lightpack)

Magic Leap 已经把强大的计算能力压缩到一个小巧便携的 Lightpack 中, 这个 Lightpack 正好可以放在你的口袋里, 如图 1.10 所示。在这个引擎内部是一个集成的 GPU 和 CPU, 可以生成高保真、游戏质量高的图形来创建极致的体验。由于不需要连接主机, 所以你可以带着它随意走动, 不受任何束缚。



图 1.10

3. 控制手柄

使用 Magic Leap One 的控制手柄能发挥强大的功能, 如图 1.11 所示。它不需要任何额外的外部传感器来提供 6 个自由度的追踪定位, 也称为 6DoF。



图 1.11

1.4 0glass AR 产品介绍

深圳增强现实技术有限公司 (简称 0glass) 是 AR 工业解决方案领导者, 拥有完全自主