

THE INTRODUCTION
OF VR/AR

虚拟 现实概论

陶文源 翁仲铭 孟昭鹏 著



虚拟现实概论

陶文源 翁仲铭 孟昭鹏 著

图书在版编目 (CIP) 数据

虚拟现实概论 / 陶文源, 翁仲铭, 孟昭鹏著. -- 南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2019.2
ISBN 978-7-5537-9228-6

I . ①虚… II . ①陶… ②翁… ③孟… III . ①虚拟现实—概论 IV . ① TP391.98

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 100861 号

虚拟现实概论

著 者 陶文源 翁仲铭 孟昭鹏
项目策划 凤凰空间 / 彭 娜
责任编辑 刘屹立 赵 研
特约编辑 彭 娜 杨倩倩 张爱萍 章山川

出版发行 江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址 南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009
出版社网址 <http://www.pspress.cn>
总 经 销 天津凤凰空间文化传媒有限公司
总经销网址 <http://www.ifengspace.cn>
印 刷 北京博海升彩色印刷有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 14.75
字 数 372 000
版 次 2019 年 2 月第 1 版
印 次 2019 年 2 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5537-9228-6
定 价 68.00 元

图书如有印装质量问题, 可随时向销售部调换 (电话: 022—87893668)。

序 1

近年来虚拟现实技术的应用领域不断扩大,应用方式愈加灵活,成了当下最热门的技术之一。随着其他相关技术产业的发展进步,虚拟现实技术的可行性和实用性大大提升,开发和应用环境愈加完善成熟。将虚拟和现实无缝结合的技术特性使虚拟现实技术拥有巨大潜力,可以被应用于生产生活的各个方面,可与娱乐、社交、通信、房地产、旅游、教育等领域完美融合,为这些领域带来新的活力,促进其发展,影响其未来。而虚拟现实技术作为新兴的、有待探索和开发的前沿技术,需要大量的相关技术开发人才来开拓其新应用,探索更多的可能性,推动技术的发展。人才数量决定了虚拟现实产业的发展规模,人才质量决定了虚拟现实产业的发展程度,虚拟现实技术人才的培养刻不容缓。

笔者在虚拟现实领域的长期探索实践中积累了丰富的虚拟现实技术知识,希望能够通过本书,从虚拟现实的基础知识谈起,循序渐进地讲解虚拟现实的原理,并结合具体实例说明虚拟现实技术的具体应用,有条不紊地呈现虚拟现实技术与其他各领域的结合和扩展。本书的内容包括虚拟现实简述、虚拟现实系统的输入装置、虚拟现实系统的输出装置、VR 和 AR 的成像原理、虚拟世界和特征定义、AR 和 MR 的定位原理、把虚拟现实引入 Web、AR 与 Vuforia 介绍等,笔者将自己想要与读者分享的关于虚拟现实技术的相关知识浓缩于此,希望读者能够快速掌握虚拟现实的关键概念及技术、精准地洞悉虚拟现实产业发展的趋势,成为具有虚拟现实知识的专业人才。

本书的完成要感谢天津大学数据科学与服务工程实验室硕士研究生赵莹、任晓琪、沙飞宇、刘孟鑫、张金琛、李子祺、周哲远、何洋、侯佳旺等同学对于教材内容、材料收集所付出的心力。期待本书可以为大家带来实质性的收获。

天津大学智能与计算学部

陶文海

序 2

我从事资讯科技和教育多年,一直坚持不断探索的初心,紧紧把握新技术的发展方向。从早期的专家系统、机械学习,再到如今的物联网、深度学习和虚拟现实,所有的研发始终围绕着一句话“科技来自于人性”:科技的发展是为了更好地服务大众,为人们带去便利,与此同时,人们需求的增加也促进了更多新技术的研发。

随着 5G 网络和移动设备的逐渐普及,各行业对互联互通的需求日益增长,我们的真实生活开始密切地与虚拟世界打交道。从网络社群、实时影音,到电子商务、医疗服务等,以往诸多现实生活中真实的人类互动,正迅速转移到虚拟平台上。对于所有人来说,在虚拟世界中进行人际交流和个人资产的累积,更甚于真实世界的影响力。尤其是对于年轻一代来说,虚拟世界比他们的现实生活,和他们的关系更近、关联更多。

本研究团队希望通过该书的阅读,能带给读者新的认知,使其了解虚拟现实科技给我们生活带来的重大影响:该科技不仅能超越时间、空间中的真实感官体验,并可借助高拟真动画技术,充分还原过去的历史文物与事件情景,极大地颠覆了各行各业使用者的互动方式。而增强现实科技更是可以借助物件辨识技术,让指定的动画效果出现在现实场景中,这一切的应用都来源于上述的那句话,“科技来自于人性”。

天津大学智能与计算学部



序 3

虚拟现实技术(VR)与增强现实技术(AR)在近几年来,一直受到各行各业与新闻媒体的高度关注,越来越多的VR与AR产品相继问世,应用领域广泛,在医学、娱乐、军事航天、室内设计、教育、工业仿真等领域均有不错的应用成果,VR超级教室、VR无人机、VR划船器、VR主题乐园、AR游戏、AR博物馆等产品以新颖独特的方式为大众提供了趣味性、便利性、高效性的应用体验。虚拟现实技术的基本原理是利用计算机模拟产生一个三维空间的虚拟世界,为用户提供关于视觉、听觉、触觉等感官的反映。增强现实技术是基于虚拟现实技术而发展起来的一门新技术,是计算机系统提供给用户对现实世界感知的技术,是将虚拟的信息应用到真实世界的技术。人们通过利用VR与AR技术,将一些危险或难以实现的场景以虚拟的形式展现出来,让用户能够在其中进行沉浸式的交互体验。

本书主要介绍了虚拟现实技术与增强现实技术的原理及应用,同时扩展介绍了部分混合现实(MR)的技术原理,并且从硬件与软件的角度引导读者全面了解虚拟现实技术与增强现实技术的实现方式,争取使读者成为兼具基本理论知识和实际操作能力的虚拟现实技术与增强现实技术的掌握者和应用者。

天津大学智能与计算学部、天津中医药大学健康科学与工程学院

孟昭鹏

目 录

第 1 章 虚拟现实简述	1
1.1 虚拟现实发展史	2
1.2 虚拟现实、增强现实和混合现实的概念	7
1.3 当今虚拟现实的技术及应用	10
1.4 虚拟现实的未来	17
1.5 结论	18
第 2 章 虚拟现实系统的输入装置	19
2.1 输入装置的特性	20
2.2 手动输入装置	23
2.3 非手动输入装置	30
2.4 体感输入装置	32
2.5 环境的动态数据输入	34
2.6 结论	37
第 3 章 虚拟现实系统的输出装置	39
3.1 视觉上的输出装置	40
3.2 听觉上的输出装置	50
3.3 触觉上的输出装置	56
3.4 其他感官上的输出装置	60
3.5 结论	61

第 4 章 VR 和 AR 的成像原理63

4.1 原理与架构64

4.2 视觉成像原理80

4.3 平台选择 101

4.4 结论 102

第 5 章 虚拟世界与特征定义 105

5.1 计算机视觉与三维模型 106

5.2 什么是计算机视觉 106

5.3 图像形成与处理 109

5.4 特征检测与匹配 111

5.5 特征算法的始祖 SIFT 与 SURF 112

5.6 其他快速算法 118

5.7 三维建模的拍摄方法 119

5.8 结论 124

第 6 章 AR 和 MR 的定位原理 125

6.1 物件的追踪和轨迹 126

6.2 空间坐标系统 129

6.3 物件追踪 130

6.4 自然特征 132

6.5 目标识别 134

6.6 传感器融合 136

6.7 结论 140

第 7 章 把虚拟现实引入 Web 141

7.1 WebVR 简介 142

7.2 WebVR 框架 143

7.3 WebVR 设备 146

7.4 A-Frame 简介 149

7.5 构建虚拟现实内容 169

7.6 结论 183

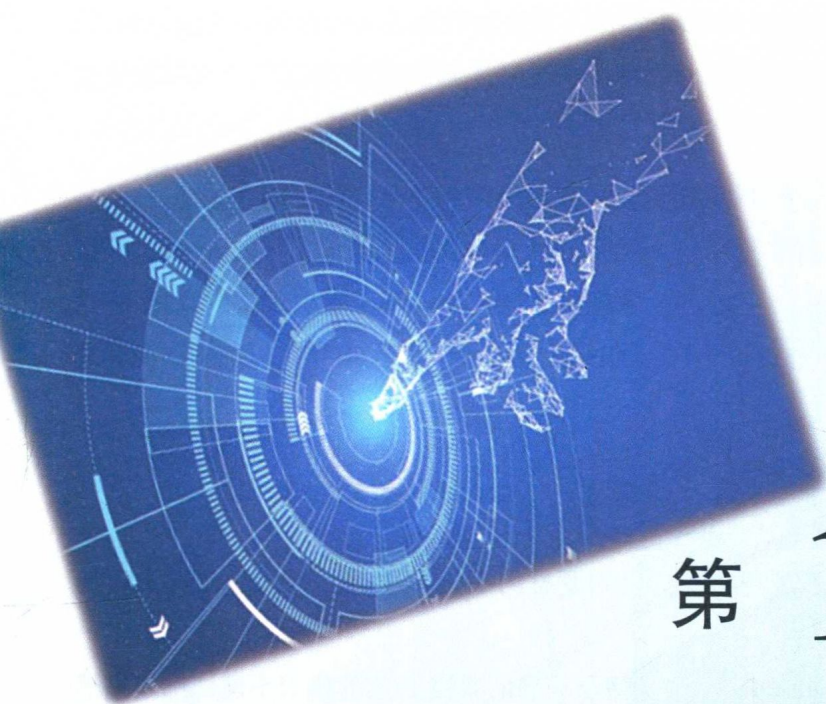
第 8 章 AR 案例介绍 185

8.1 AR 案例研讨——Vuforia 186

8.2 AR 案例研讨——Projector 202

8.3 结论 223

参考文献 224



第 1 章

虚拟现实简述

- 1.1 虚拟现实发展史
- 1.2 虚拟现实、增强现实和混合现实的概念
- 1.3 当今虚拟现实的技术及应用
- 1.4 虚拟现实的未来
- 1.5 结论



1.1 虚拟现实发展史

虚拟现实(Virtual Reality, VR)的诞生可以追溯到维多利亚时代的早期立体镜,这是一种用来同时展示左眼和右眼的图像的装置。然而,对大多数在这个领域工作的人来说,今天所知道的虚拟现实是由 20 世纪 60 年代的少数先驱者创造的。对于虚拟现实的真相,在这一节中,我们将对一些里程碑事件进行更广泛的回顾,包括 20 世纪 60 年代以前的研究和之后开始的工业发展。

1.1.1 模糊幻想阶段(20 世纪 60 年代以前)

Stanley G.Weinbaum 是一位擅长超现实科幻题材的小说作家,他的代表作是《火星历险记》。

1935 年,Stanley G.Weinbaum 发表了《皮格马利翁的眼镜》,这部科幻小说详细地描述了这个神奇的眼镜——在我们已有的视觉、听觉的基础上,添加了嗅觉、触觉及与“未来世界的情景交互的场景”等功能。这部科幻小说为虚拟现实以后的发展及应用提供了全方位的概念框架。

1.1.2 萌芽发展阶段(20 世纪 60 年代左右)

(1)莫顿·海利格(Morton Heilig):体验剧场(Sensorama),1962 年

1943 年,麦科勒母(Thelma McCollum)的有关头戴式显示器(Head Mount Display, HMD)的第一个想法得到了麦科勒母的专利许可[图 1-1(a)]。这个显示设备是用于非交互式电影,只支持视觉显示,没有任何运动跟踪。在之前,这个装置从来没有建造过,但是卢森堡裔美国发明家雨果·根斯巴克使用类似的方法展示了一个电视护目镜的原型[图 1-1(b)]。电影摄影师和电影制作人莫顿·海利格是 VR 的先驱之一,他通过引入第一个真正的多感官虚拟现实系统来扩展一些想法。在 20 世纪 50 年代,他有了这样的愿景:电影的将来会让观众沉浸在一个虚构的世界里,让所有人的感官都参与其中。莫顿的电信传导面罩[图 1-2(a)]于 1960 年获得美国专利,旨在提供立体电视和声音。然而,他的观点是,尽管观看和听电影,用户应该能够同时体验相应的振动、气味和风。1962 年,经过数年的努力,建立了他的体验剧场机器并获得美国专利[图 1-2(b)]。体验剧场是一款带有 3D 显示,视野宽阔,声音响亮,座椅震动,能产生气味的立体显示器。例如,它让观众们在布鲁克林的街道上进行多感官的摩托车旅行。莫顿把它作为未来电影的系列产品之一,但不幸的

是,他永远无法将他的梦想原型商业化。在后来的一次采访中,他说,“体验剧场在当时可能太过革命了。”后来,电影和娱乐行业又以 4D/5D 的电影体验来复兴他的想法。

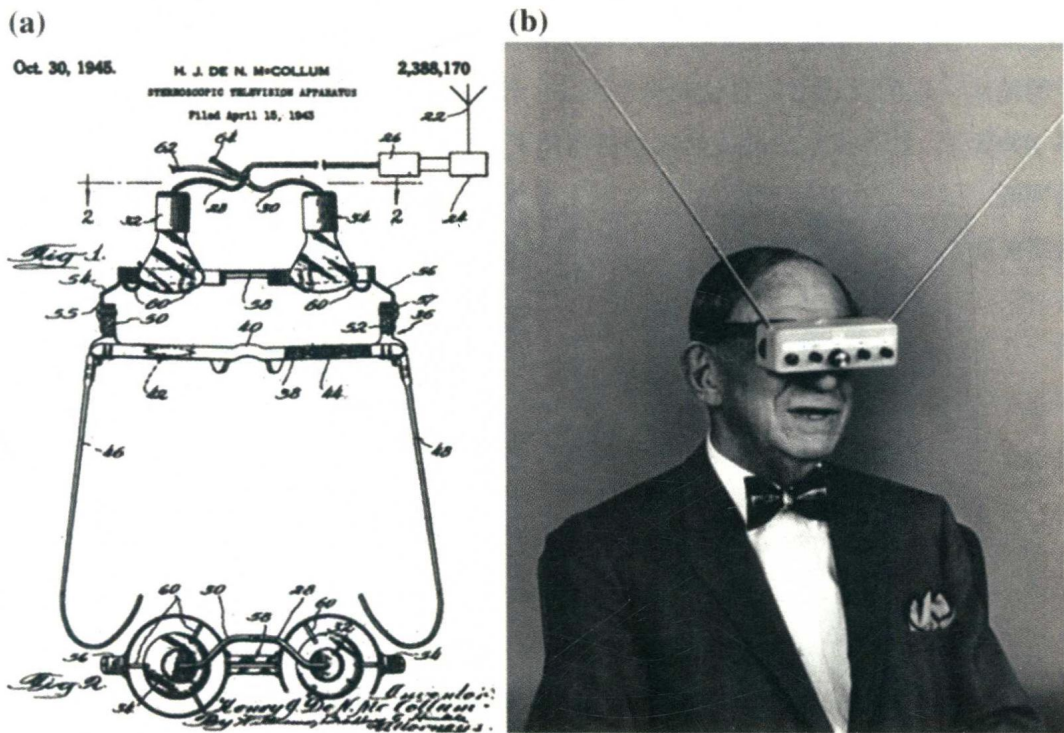


图 1-1 第一个电视护目镜

- (a)麦科勒母的立体电视设备(从美国专利:US2388170 拍摄);
(b)根斯巴克为《生活》杂志展示他的电视护目镜(《生活》杂志的版权)

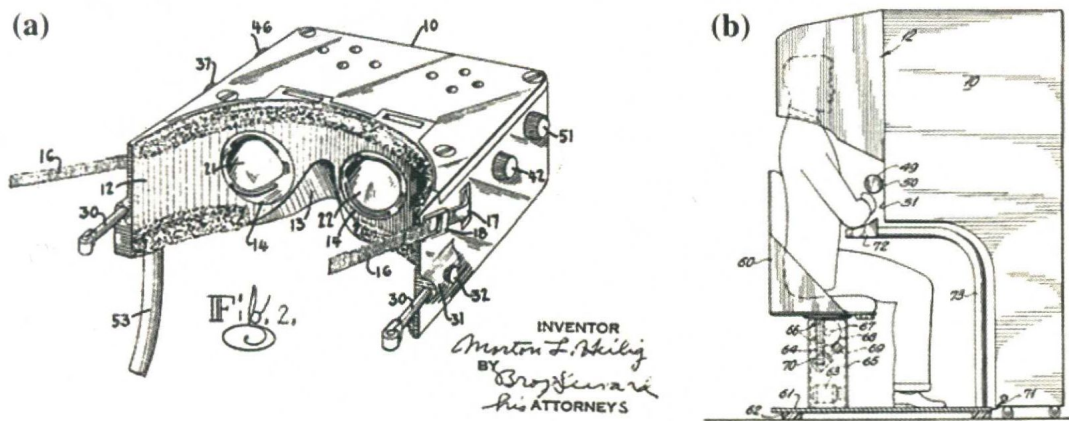


图 1-2 来自莫顿·海利格的早期虚拟现实系统的图像

- (a)一个电信传导面罩(图像取自美国专利:US2955156);
(b)体验剧场模拟机(从美国专利:US3050870 获得的图像)

(2) 首款头戴式显示器——Sutherland, 1968 年

1968 年, 伊万·萨瑟兰 (Ivan Sutherland) 和他的学生鲍勃·斯普罗尔 (Bob Sproull) 一起展示了被广泛认为是第一个 HMD 系统[图 1-3(a)]。如图 1-3(b) 所示, 所谓的“达摩克利斯之剑”是一种类似潜望镜的头盔形状的装置, 它显示了一个计算机程序在三维立体显示中的输出。它的设计目的是让观众沉浸在一个视觉模拟的 3D 环境中, 而这个环境只有线框 3D 模型。计算机生成的线框模型将视图扩展到现实世界, 用户可以改变位置, 看到不同的视图。因此, “达摩克利斯之剑”实际上是第一个 AR 展示。50 多年前, 萨瑟兰为实现他的终极展示愿景迈出了关键的一步, 创造了我们今天所认识的首批 HMDs 之一。

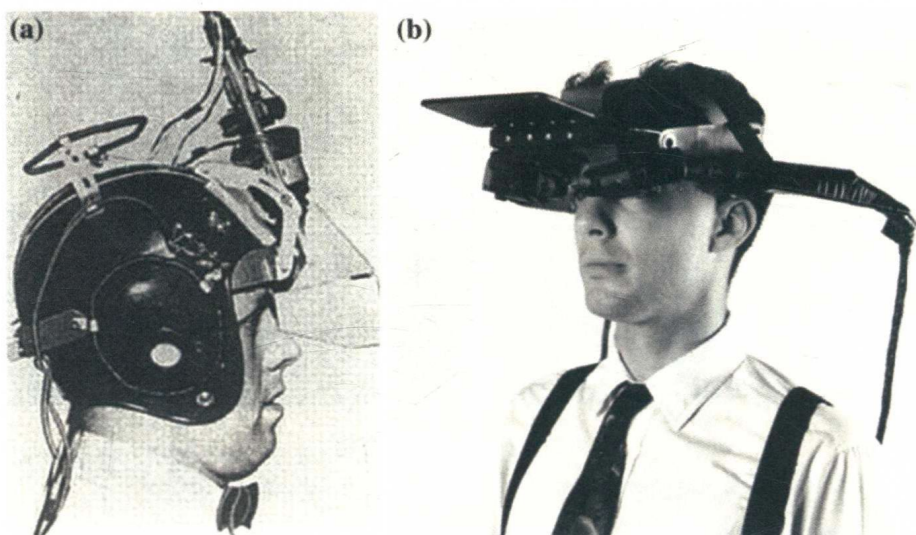


图 1-3 首款头戴显示器

(a) 第一个 HMDs 的图像: 一个头戴器;

(b) Ivan Sutherland 的“达摩克利斯之剑”(哈佛大学版权)

1.1.3 概念及理论的初步形成的阶段(20 世纪 70 年代左右)

(1) Thomas A. Furness III: 超级驾驶舱, 1968 年

大约在同一时间, Thomas A. Furness III 向美国空军推出了 VR 技术。他为战斗机的驾驶舱设计和建造了视觉显示系统, 并开发了一些基于 VR 的飞行模拟器原型。此后 20 年, 他一直致力于改善飞行员驾驶舱内技术。他通过运动跟踪、3D 声音、语音以及手势等方式, 对 HMDs 的几种配置进行了精心设计。在 20 世纪 80 年代, 这个项目最终成了“超级驾驶舱”的标志性项目(图 1-4)。作为 VR 领域的先驱者之一, 他获得了“VR 之父”的称号。

(2) Myron Krueger: 人工现实, 1969 年

计算机艺术家 Myron Krueger 是早期的先驱之一, 他将互动艺术和虚拟现实结合起来。

从 1969 年开始,他开发了一系列互动体验,他称之为人工现实。这些由计算机处理的环境在投影墙上显示出虚拟内容,并通过摄像机、传感地板和图形表格的组合来响应用户的动作和手势。他当时最著名的装置是 1985 年的“影像空间”技术。这个基于视觉的系统跟踪双手,并使多个手指、手和人使用一组丰富的手势进行交互。使用影像空间用户可以在不受阻碍的方式中探索交互式体验。

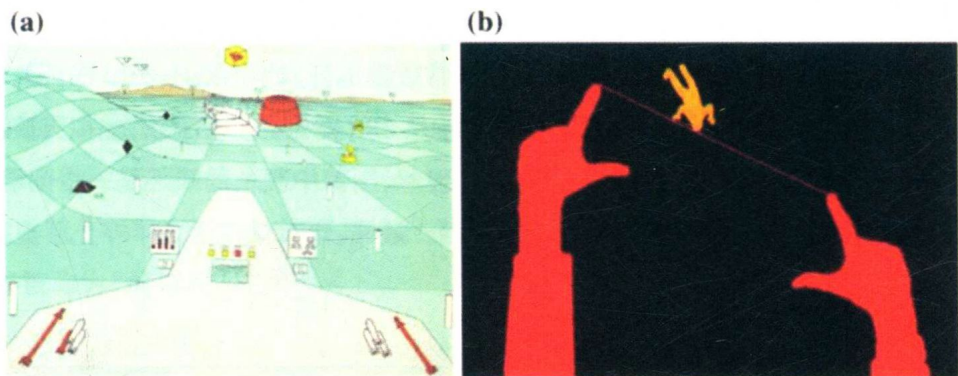


图 1-4 超级驾驶舱介绍

(a)超级舱项目图像;

(b)影像空间

1.1.4 虚拟现实理论进一步的完善和应用(20 世纪 90 年代左右)

(1)Jaron Lanier:虚拟现实与视觉程序实验室(Visual Programm Lab,简称 VPL)研究, 1985 年

以上所述的成就是虚拟现实领域的巨大发展,特别是,其中的大多数在发明个人电脑前几年就已经被制造出来。然而,到目前为止,技术和应用还没有提到虚拟现实。当 VPL 的联合创始人 Jaron Lanier 创造了这个词,尤其是在媒体上推广了这个词时,这一切都发生了变化。现在,该研究领域有了一个名称,进一步推广了这一领域的研究和商业化。VPL 研究开发了一系列 VR 设备,是第一家销售 VR 眼镜的公司,其中包括多款眼镜 HMD 和数据手绘模型。

(2)Jonathan D. Waldern: Virtuality, 1991 年

20 世纪 90 年代初,人们对 VR 的兴趣是巨大的,主流媒体的报道引起了公众的关注。由 Jonathan D. Waldern 创立的英国 W 工业公司创办并制作了第一款 VR 游戏,使公众也可以使用 VR。W 工业公司(更名为 Virtuality Group PLC)已经生产了虚拟游戏设备中典型的虚拟现实体验所需的所有主要组件。使用这些机器的玩家们戴着一套虚拟现实眼镜,在带



有实时立体渲染、操纵杆的游戏机器上与其他网络单位的玩家一起玩。在 20 世纪 90 年代, Virtuality Group 成了最著名的 VR 娱乐制造商之一。

(3) Gunpei Yokoi: 虚拟男孩, 1995 年

任天堂的虚拟男孩(codename VR32)是 1995 年推出的首款便携式 3D 游戏机, 见图 1-5。

这个虚拟男孩可以在红色 LED 目镜显示技术的基础上显示立体 3D 图形。自 20 世纪 80 年代中期以来, 反射技术公司(Reflection Technology Inc.)开发了这种技术。虽然它只允许单色显示(游戏是红色和黑色的), 任天堂的研发机构, Gunpei Yokoi 的总经理, 决定与反射技术公司签订独家协议。Gunpei Yokoi 已经非常成功地开发了游戏小子和 D-pad, 现在大多数视频游戏控制器都可以使用。然而, 尽管售价从 180 美元一步步下跌, 虚拟男孩还是一个商业失败, 也是任天堂的最低销售平台之一。显然, 图像中颜色的缺乏是一个问题, 但是人们也在抱怨缺少软件支持和最优的人体工程学。最终, 任天堂在第二年停止了虚拟男孩的生产和销售。



图 1-5 首款便携式 3D 游戏机: 虚拟男孩(来自百度)

1.1.5 VR 元年的井喷(2012 年到现在)

在 21 世纪的前 15 年, VR 领域出现了指数级的进步。电脑, 尤其是移动技术, 由于其强大的力量、相对低廉的成本和较小的形式因素而主宰了我们的生活。

智能手机的普及, 引发了人们对手机轻量化的需求和移动 VR 装置的关注, 也因此导致了人们对 VR 的兴趣再次高涨。如今, 大多数设备都内置了智能手机的主要组件, 如高密度显示面板、陀螺仪或加速计, 这是虚拟现实技术在 20 世纪 90 年代初成本仅为虚拟机价格的一小部分的主要原因之一。此外, 电子游戏产业继续推动消费 VR 的发展。深度传感摄像头、运动控制器和自然用户界面正在成为现代计算机界面的标准方式。

由于这些进步, 2016 年成为 VR 行业的关键一年。一些高端的虚拟现实头盔和其他用于输入 / 输出的消费设备进入市场。其中, 由 Oculus VR 开发的第一款产品是 Oculus Rift。

帕默·弗里曼·勒基(Palmer Freeman Luckey)是Oculus VR公司的创始人,他曾在MxR担任工程师,作为设计团队的一员,为虚拟现实技术服务。Luckey开发了一系列不同的HMD原型,并定期在一个虚拟现实爱好者的网站上更新他的工作进度。其中一个最新的单元被命名为Rift,它会作为一个DIY工具在Kickstarter众筹网站上出售。Oculus VR开始是为了方便Kickstarter众筹活动。在作为独立公司的期间,Oculus VR为Rift的开发筹集了240万美元。2014年3月25日,社交媒体巨头Facebook以23亿美元收购了Oculus VR。当然,这是一场令人难以置信的信任投票,突显了全球对这种沉浸式虚拟现实技术的兴趣。当Oculus Rift于2016年发布时,它已经在与Valve corporation和HTC、微软以及索尼电脑娱乐公司的产品展开竞争。但谷歌和三星等其他公司都推出了基于智能手机的虚拟现实产品,比如谷歌硬纸板眼镜或三星的Gear VR,这两款产品分别是DIY和批量生产的耳机,使用智能手机作为VR设备。许多其他的企业将会跟随这些新的VR巨头。在众多媒体中,2016年被称为“虚拟现实之年”。

1.2 虚拟现实、增强现实和混合现实的概念

1.2.1 虚拟现实(Virtual Reality, VR)

今天的信息和通信技术(ICT)主导着我们这个世界的大多数经济、文化和社会实践,改变了我们工作、交流、度过休闲时间的方式。现在,这些数字技术在我们的日常生活中扮演着重要的角色,我们无法想象没有电脑、手机、电子邮件、即时通信或互联网的生活和工作。事实上,数字革命已经把我们许多现实世界的活动转移到了虚拟世界,包括交流、购物、学习、游戏,甚至寻找朋友或生活伴侣。结果,人类在数字虚拟世界上的花费往往比现实世界中的要多,甚至有上升趋势。最能体现虚拟世界流行的例子是交互式电脑游戏,它吸引了一代又一代的人,他们能熟练地使用电脑、电子游戏和互联网进行数字通信。今天,美国平均有97%的大学毕业生玩电子游戏,他们分配给游戏的时间远超出我们的想象,所以游戏销量的显著增长也就不足为奇了。

电子游戏如此成功的原因有很多,最主要原因是在这种游戏中显示的虚拟环境提供了让玩家沉浸在计算机的虚拟世界中,他们可以体验各种形式的冒险从而产生紧张情绪和行为。虚拟现实(VR)技术推动人们将一个人投入到另一个层次。例如,用头戴式显示器(HMDs)与跟踪系统相结合,就有可能将用户完全浸入到虚拟环境中,并将他的感知与现实世界分离开来,在这种情况下,用户只会感知到显示的视觉和听觉虚拟环境,例如在HMD上,用户在现实世界中的所有动作,如行走或头部动作,都被转移到虚拟世界中的相应动作。