

虚拟 现实技术

李榕玲 林士水 主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

福建省 VR/AR 行业职业教育指导委员会推荐
中国·福建 VR 产业基地产教融合系列教材

虚拟现实技术

主 编 李榕玲 林土水
副主编 陈媛清 蔡 毅
主 审 黄林昊

内 容 提 要

本教材共分为六章，主要内容包括虚拟现实认知、虚拟现实的产品认知、虚拟现实在各领域的应用、虚拟现实的关键技术、增强现实、混合现实。在内容设计上通过划分小节分别阐述虚拟现实的基本概念、基本特征、系统分类及研究概况；虚拟现实的产品；虚拟现实在医疗健康领域、旅游行业、房地产领域、游戏和影音媒体、购物领域、教育领域、制造领域、能源仿真领域、文物保护和城市规划领域、军事领域、安全防护领域的应用；虚拟现实的关键技术，增强现实的概念和研究现状，虚拟现实和增强现实的区别和联系，增强现实系统的关键技术，增强现实技术的应用领域；混合现实的概念，混合现实与虚拟现实的关系，混合现实中的交互技术。本教材深入浅出地阐述了虚拟现实的相关知识，并结合大量案例对虚拟现实的行业应用进行说明。

本教材适合作为虚拟现实及相关专业的教材，也可作为虚拟现实爱好者的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

虚拟现实技术 / 李榕玲，林土水主编. — 北京：北京理工大学出版社，2019.11（2020.9重印）
ISBN 978-7-5640-6266-8

I.①虚… II.①李… ②林… III.①虚拟现实—高等学校—教材 IV.①TP391.98

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第275872号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
(010) 82562903 (教材售后服务热线)
(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 雅迪去印(天津)科技有限公司

开 本 / 889毫米×1194毫米 1/16

印 张 / 6.5

字 数 / 184千字

版 次 / 2019年11月第1版 2020年9月第2次印刷

定 价 / 45.00元

责任编辑 / 王玲玲

文案编辑 / 王玲玲

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 施胜娟

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

福建省 VR/AR 行业职业教育指导委员会

- 主任：**俞 飏 网龙网络公司副总裁、福州软件职业技术学院董事长
- 副主任：**俞发仁 福州软件职业技术学院常务副院长
- 秘书长：**王秋宏 福州软件职业技术学院副院长
- 副秘书长：**陈媛清 福州软件职业技术学院鉴定站副站长
林财华 网龙普天公司副总经理
- 委员：**陈宁华 福建幼儿师范高等专科学校现代教育技术中心主任
刘必健 福建农业职业技术学院信息技术系主任
李瑞兴 闽江师范高等专科学校计算机系主任
孙小丹 福州职业技术学院副教授
张清忠 黎明职业大学教师
伍乐生 漳州职业技术学院专业主任
孙玉珍 漳州城市职业学院系副主任
胡海锋 闽西职业技术学院信息与网络中心主任
谢金达 湄洲湾职业技术学院信息工程系主任
林世平 宁德职业技术学院副院长
黄 河 福建工业学校教师
张剑华 集美工业学校高级实验师
卢照雄 三明市农业学校网管中心主任
鄢勇坚 南平机电职业学校校办主任
杨萍萍 福建省软件行业协会秘书长
鲍永芳 福建省动漫游戏行业协会秘书长
黄乘风 神舟数码（中国）有限公司福州分公司总监
曲阜贵 厦门布塔信息技术股份有限公司艺术总监

Preface

虚拟现实技术

前言

CCS Insight预测，到2020年，虚拟现实（Virtual Reality，VR）市场规模将达到1 500亿美元，虚拟现实设备销量将达到9 700万台。

——Manatt Digital Media

无论是虚拟现实还是增强现实（Augmented Reality，AR）都有能力发展成成年营收数百亿美元的产业，并可能会像电脑、智能手机的出现一样影响深远。

——《虚拟现实与增强现实：解读下一个通用计算机平台》高盛

Facebook 2014年收购了Oculus，推出虚拟现实品牌产品Oculus rift，并在美国广设体验店。

HTC与Valve合作开发，于2015年发布了HTC Vive/Steam 虚拟现实产品。

Microsoft 2015年发布了Microsoft HoloLens产品。

三星在2015年全球发售Gear虚拟现实产品。

索尼在2016年全球发售PLAYSTATION 虚拟现实（PSVR）产品。

阿里巴巴在2016年领投了科技公司Magic Leap的7.94亿元融资，并设立“虚拟现实实验室”，启动“造物神”计划。

小米科技2016年成立“探索实验室”，首个项目便是虚拟现实项目。

在《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》中，虚拟现实技术被列为前沿技术中信息技术部分的三大技术之一。在《国家发展改革委办公厅关于请组织申报“互联网+”领域创新能力建设专项的通知》（发改办高技〔2016〕1919号）中，专项建设内容和重点也包括了“虚拟现实/增强现实技术”。

为了适应社会经济与产业发展需求，配合院校虚拟现实技术的专业课程改革，有效地开展虚拟现实技术的教学，充分发挥福建网龙网络有限公司技术、资源和人才优势，编写了本书。本书充分体现了院校办学特色，符合深度校企合作、产教融合的要求，填补了国内高等职业院校虚拟现实相关专业虚拟现实技术教材的空缺。

本书旨在提供较全面的虚拟现实知识，以便学生对虚拟现实有较完整的认识，为后续的专业课程学习打下基础。编者力求通过本书向读者充分介绍虚拟现实的相关知识、相关产品、应用领域及关键技术，同时也附带介绍了增强现实和混合现实的内容。

在内容上，本书紧扣虚拟现实，既阐述了虚拟现实的概念、特征、发展史、系统分类、相关产品、关键技术，又阐述了虚拟现实在不同行业领域的应用，加深了读者对虚拟现实的了解。与此同时，本书还紧扣时下热点，阐述了增强现实、混合现实的相关内容，使读者在了解虚拟现实技术的同时，拓宽了行业相关知识的认知。本书既可作为高等职业院校虚拟现实及相关专业低年级学生入门课程的教材，还可作为虚拟现实爱好者的入门书籍。

本书由福州软件职业技术学院李榕玲与林土水主编，陈媛清和福建网龙普天教育科技有限公司蔡毅副主编，福建广播电视大学黄林昊主审。感谢我们参考、援引相关文献资料的专家学者，感谢北京理工大学出版社编辑老师的大力支持和帮助，因为有了他们，这本教材才得以顺利与广大读者见面。

由于编者知识水平有限，编写时间仓促，再加上虚拟现实还在不断发展之中，书中难免有错误和疏漏之处，恳请广大读者批评、指正。

编者

Contents

虚拟现实技术

目录

第 1 章 虚拟现实认知

- 1.1 虚拟现实的概念 / 002
- 1.2 虚拟现实的特征 / 003
 - 1.2.1 沉浸感 / 003
 - 1.2.2 交互性 / 004
 - 1.2.3 构想性 / 004
- 1.3 虚拟现实的发展史 / 004
 - 1.3.1 虚拟现实技术的前身 / 005
 - 1.3.2 虚拟现实技术的萌芽阶段 / 005
 - 1.3.3 虚拟现实的概念和理论的初步形成 / 006
- 1.4 虚拟现实理论的完善和全面应用 / 008
- 1.5 虚拟现实系统的分类 / 009
 - 1.5.1 桌面式虚拟现实系统 / 009
 - 1.5.2 沉浸式虚拟现实系统 / 010
 - 1.5.3 增强式虚拟现实系统 / 011
 - 1.5.4 分布式虚拟现实系统 / 012
- 1.6 虚拟现实技术的研究状况 / 012
 - 1.6.1 国外的研究状况 / 013
 - 1.6.2 国内的研究状况 / 014

第 2 章 虚拟现实的产品认知

- 2.1 虚拟现实硬件外设认知 / 016
 - 2.1.1 立体眼镜 / 017
 - 2.1.2 头盔显示器 / 017
 - 2.1.3 数据手套 / 018
 - 2.1.4 三维控制器 / 019
 - 2.1.5 运动捕捉系统 / 020
 - 2.1.6 三维跟踪传感设备 / 021
 - 2.1.7 数据衣 / 022
 - 2.1.8 墙式投影显示设备 / 022

- 2.1.9 CAVE 虚拟系统 / 022
- 2.1.10 触觉、力觉反馈设备 / 023
- 2.1.11 三维扫描仪 / 024
- 2.2 虚拟现实典型产品认知 / 024**
 - 2.2.1 VR 头盔 / 025
 - 2.2.2 VR 眼镜 / 025
- 2.3 虚拟现实 APP 认知 / 027**
 - 2.3.1 暴风魔镜 VR APP / 028
 - 2.3.2 优酷 VR APP / 028
 - 2.3.3 爱奇艺 VR APP / 028
 - 2.3.4 橙子 VR APP / 028
 - 2.3.5 Uto VR APP / 029
 - 2.3.6 VR 热播 APP / 029
 - 2.3.7 乐视 VR APP / 029

第 3 章 虚拟现实在各领域的应用

- 3.1 虚拟现实在医疗健康领域的应用 / 032**
 - 3.1.1 虚拟现实技术在医疗教育与培训方面的应用 / 033
 - 3.1.2 虚拟现实在手术预演的应用 / 038
 - 3.1.3 虚拟现实在神经心理学方面的应用 / 040
- 3.2 虚拟现实在旅游行业的应用 / 041**
 - 3.2.1 景点的开发和规划 / 041
 - 3.2.2 旅游目的地营销展示 / 042
 - 3.2.3 旅游服务开发 / 043
- 3.3 虚拟现实在房地产领域的应用 / 044**
 - 3.3.1 房地产开发 / 044
 - 3.3.2 室内设计 / 045
 - 3.3.3 房地产销售 / 045
- 3.4 虚拟现实在游戏、影音媒体领域、购物上的应用 / 046**
 - 3.4.1 虚拟现实在游戏领域的应用 / 046
 - 3.4.2 虚拟现实在电影行业的应用 / 047
 - 3.4.3 虚拟现实在音乐领域的应用 / 048
 - 3.4.4 虚拟现实在购物上的应用 / 049
- 3.5 虚拟现实在教育领域的应用 / 050**
 - 3.5.1 数字校园与虚拟校园的建设 / 051
 - 3.5.2 教学实验 / 051
 - 3.5.3 教学课件 / 052

- 3.6 虚拟现实在制造领域的应用 / 053
 - 3.6.1 虚拟现实在汽车制造上的应用 / 053
 - 3.6.2 虚拟现实在船舶制造上的应用 / 054
 - 3.6.3 虚拟现实在飞机制造上的应用 / 054
- 3.7 虚拟现实在能源仿真领域的应用 / 055
 - 3.7.1 石油仿真 / 055
 - 3.7.2 水利工程仿真 / 056
 - 3.7.3 电力系统仿真 / 057
- 3.8 虚拟现实在文物保护、城市规划领域的应用 / 058
 - 3.8.1 虚拟现实在文物保护领域的应用 / 058
 - 3.8.2 虚拟现实在城市规划领域的应用 / 059
- 3.9 虚拟现实在军事、安全防护领域的应用 / 060
 - 3.9.1 虚拟现实在军事领域的应用 / 060
 - 3.9.2 虚拟现实在安全防护领域的应用 / 061

第 4 章 虚拟现实的关键技术

- 4.1 立体显示技术 / 066
 - 4.1.1 立体视觉的形成原理 / 066
 - 4.1.2 立体图像再造 / 066
- 4.2 环境建模技术 / 068
 - 4.2.1 几何建模技术 / 068
 - 4.2.2 物理建模技术 / 069
 - 4.2.3 行为建模技术 / 070
 - 4.2.4 听觉建模技术 / 070
- 4.3 三维虚拟声音的实现技术 / 071
 - 4.3.1 三维虚拟声音的特征 / 071
 - 4.3.2 语音识别技术 / 072
 - 4.3.3 语音合成技术 / 072
- 4.4 人机自然交互技术 / 072
 - 4.4.1 手势识别技术 / 073
 - 4.4.2 面部表情识别 / 074
 - 4.4.3 眼动跟踪 / 075
 - 4.4.4 触觉反馈传感技术 / 076
 - 4.4.5 虚拟嗅觉交互技术 / 076
- 4.5 实时碰撞检测技术 / 077
 - 4.5.1 碰撞检测的要求 / 077
 - 4.5.2 碰撞检测的实现方法 / 077

第5章 增强现实

- 5.1 增强现实的概念 / 080
- 5.2 增强现实的研究现状 / 081
- 5.3 增强现实和虚拟现实的区别和联系 / 082
- 5.4 增强现实系统的关键技术 / 083
 - 5.4.1 显示技术 / 083
 - 5.4.2 跟踪注册技术 / 084
- 5.5 增强现实技术的应用领域 / 086
 - 5.5.1 数字营销 / 086
 - 5.5.2 数字出版 / 086
 - 5.5.3 科教 / 086
 - 5.5.4 移动导览 / 087
 - 5.5.5 设计与仿真 / 087
 - 5.5.6 物联网 / 087

第6章 混合现实

- 6.1 混合现实的概念 / 091
- 6.2 混合现实（MR）与虚拟现实（VR）的关系 / 091
- 6.3 混合现实的交互技术 / 092
 - 6.3.1 用户界面形态 / 092
 - 6.3.2 交互对象的虚实融合 / 092
 - 6.3.3 手势识别技术 / 093
 - 6.3.4 3D 交互技术 / 093
 - 6.3.5 语音和声音交互技术 / 093
 - 6.3.6 其他交互技术 / 094

参考文献 / 095

第 1 章 虚拟现实认知



FaceBook 创始人扎克伯格认为，VR将是下一代最主流的计算平台。他在收购Oculus后的公开信中写道：“这是一个新的交流平台，由于存在极度真实的体验感，你与周围的人可以就无尽的空间和真情实感进行分享。”

苹果CEO库克在2016年年初发布2016年第一季度财报时谈到VR问题，他说：“我不认为VR是一个小众的技术。我认为，它会变得非常酷，并拥有一些有趣的应用。”

阿里巴巴CEO马云2016年7月5日正式宣布：VR+购物产品Buy+面世！阿里巴巴于2016年3月宣布成立VR实验室。该实验室专注于前沿科技产品的研究和场景探索。

小米CEO雷军认为，VR是跨时代的技术。2016年2月，小米探索实验室正式挂牌成立。首个科研项目便是目前已经相当火爆的VR项目。雷军表示，小米目前有团队正在研究VR，VR是跨时代技术，小米会积极参与到这个产业中。

腾讯CEO马化腾认为，颠覆微信的可能是VR。在2015年12月乌镇第二届世界互联网大会上，他在发言的结尾向所有人发问：“微信在这五年很成功，未来会有什么产品颠覆它呢？下一代信息终端会是什么？”随后，他自问自答道：“可能是VR。”

众多互联网企业家们都看好VR，那么VR是什么？它有什么特征？它是如何发展的？让我们一起带着这些问题，进入本章的学习。

人类社会自照相机和电视机问世以来，一直是以二维平面的方式在记录和显示人类生存的三维世界。从黑白电视到彩色电视，从阴

极射线管显示器（CRT）到液晶显示器（LCD）和LED大屏幕，每一次技术变革都没有突破维度的限制。3D电影的出现，虽然使人们可以做到在特定条件下用夸张的方法放映三维影像，但与达到身临其境的效果还有相当大的差距。世界各国的科学家、工程师和创新创业者们一直都在努力尝试打破这一困境，试图还原一个逼真的3D世界。

20世纪60年代起，科学家、创新创业者们开始研究各种能够展现三维世界真实风采的技术。通过大量的创新实践，人们逐渐把目光聚焦到虚拟现实技术。这种技术能够在一定程度上帮助人们实现体验未曾体验过的神秘世界的梦想，譬如潜入海底、太空漫步、登上月球、逃离密室等，如同身临其境一般。经过50多年的研发和探索，虚拟现实技术发展迅猛，而大量具有雄厚技术创新实力的跨国巨头资本力量的介入，则对推动虚拟现实技术的开发又起到了推波助澜的作用。

※ 1.1 虚拟现实的概念

提到虚拟现实，也许很多人对它并不是很了解，但是提起电影《黑客帝国》和《阿凡达》，人们对虚拟现实也许就有些许印象。如图1-1所示，在电影《黑客帝国》中，男一号、男二号等人物通过插管进入虚拟世界，在这个虚拟的世界中，主人公可以利用各种各样的炫酷技能，如意念控制，去开展拯救人类的任务。有时主人公自己都无法分清楚自己所处的世界是现实世界还是虚拟世界。在电影《阿凡达》中，男主角拥有控制潘多拉星人的机器，通过这台机器，人类可以控制外星人的意识，化身外星人。在这两部电影中，主人公都是借助外部机器的连接，进入虚拟的世界去实现自己的梦想。鉴于此，可以提炼出，虚拟技术主要以连接为主。究竟人类的现实生活和虚拟世界的连接应该通过什么样的设备才能实现？这是虚拟现实技术要解决的问题。



图1-1 黑客帝国脑后插管

2016年3月7日，第五届全球移动游戏大会GMGC2016在国家会议中心正式开幕。在展会现场的VR互动体验区人头攒动，有的人戴着头盔在体验进入虚拟三维空间的乐趣，有的人排着长队在等待体验。尽管队伍很长，人山人海，但是人们都乐此不疲，争先恐后地享受着VR给他们带来的乐趣。那么，什么是VR？

VR是虚拟现实（Virtual Reality）的简称，又称为“虚拟实在”“虚拟实境”“灵境”“临境”“赛伯空间”等，原来是美国军方用于军事仿真的一种计算机技术，一直在美国军方内部使用。一直到20世纪80年代末期，虚拟现实技术——这个集中体现了计算机技术、计算机图形学、多媒体技术、传感技术、显示技术、人体工程学、人机交互理论、人工智能等多个领域的最新成果才受到人们的极大关注。

关于虚拟现实的概念，目前尚无统一的标准，有多种不同的概念，主要分为狭义和广义两种。

狭义层面虚拟现实的定义，是指综合利用计算机系统和各种显示及控制等接口设备，在计算机上生成的可交互的三维环境中提供沉浸感觉的技术。由此，可以将虚拟现实看成是一种具有人机交互特征的人机交互方式，即可称为“基于自然的人机接口”。在此环境中，人可以以与感受真实世界一样的方式来感受计算机生成的虚拟世界，并且有一种身临其境的感觉。即用户可以看到彩色的、立体的景象，可以听到虚拟环境中的声响，可以感受到虚拟环境反馈给用户的作用力。

广义层面虚拟现实的定义，是将虚拟现实看成对虚拟想象（三维可视化的）或真实三维世界的模拟。它不仅仅是人机接口，更主要的是利用计算机技术、传感与测量技术、仿真技术、微电子技术等现代技术手段构建一个模拟虚拟世界的内部，使某个特定环境真实再现后，用户通过接受和响应模拟环境的各种感官刺激，与虚拟世界中的人或物进行交互，进而产生身临其境的感觉。

由此可见，虚拟现实这一术语包含了三个方面的含义：①虚拟现实是一种基于计算机图形学的多视点、实时动态的三维环境，这个环境可以是现实世界的真实再现，也可以是超越现实的虚构世界；②用户可以通过人的视、听、触等多种感官，直接以人的自然技能和思维方式与所投入的环境交互；③在操作过程中，人是以一种实时数据源的形式沉浸在虚拟环境中的行为主体，而不仅仅是窗口外部的观察者。

※ 1.2 虚拟现实的特征

1993年，美国科学家Burdea G 和Philippe Coiffet在世界电子年会上发表了一篇题为“Virtual Reality System and Application”的文章。在文章中，他们提出了虚拟现实技术三角形，即“3I”特征：Immersion（沉浸感）、Interaction（交互性）、Imagination（构想性），如图1-2所示。

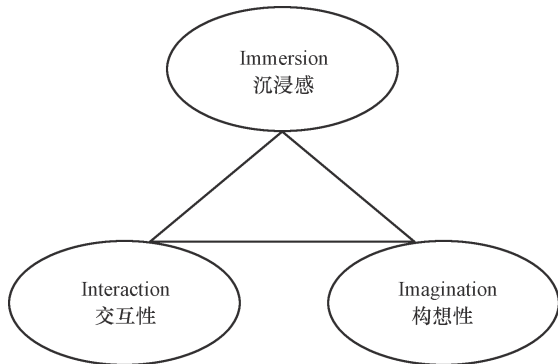


图1-2 虚拟现实的“3I”特征

1.2.1 沉浸感

沉浸感又称为临场感，是虚拟现实最重要的技术特征，是指用户借助交互设备和自身感知系统，沉浸于计算机生成的虚拟环境中。他会觉得自己是计算机系统所创建的虚拟世界的一部分，从而实现由被动的观察者到主动的参与者的转变，并且投入由计算机生成的虚拟场景中，参与虚

拟世界的各种活动。理想的虚拟环境应该使用户真假难辨，在该环境中，一切看上去是真的，听上去是真的，动起来是真的，甚至闻起来、尝起来等一切感觉都是真的，如同在现实世界中一样。在现实世界中，人们通过眼睛、耳朵、鼻子、手指等器官来感知外部世界。所以，在理想状态下，虚拟现实技术应该具有人所具有的感知功能。即虚拟的沉浸感不仅通过人的视觉和听觉感知，还可以通过嗅觉和触觉等多维地去感受。由此，相应地提出了视觉沉浸、听觉沉浸、触觉沉浸、嗅觉沉浸、味觉沉浸等，这就对相关设备提出了相当高的要求。但鉴于目前科学技术的局限性，在虚拟现实系统中，研究与应用较为成熟的主要是视觉沉浸、听觉沉浸、触觉沉浸、嗅觉沉浸，有关味觉等其他感知技术还在研究中，不成熟。譬如，使用者通过头盔显示器、数据手套或数据衣等交互设备，便可以将自己置身于虚拟环境中，成为虚拟环境中的一员。使用者与虚拟环境中的各种对象的相互作用，就如同在现实世界中的一样。当使用者移动头部时，虚拟环境中的图像也实时地跟随变化，物体可以随着手势移动而运动，使用者还可以听到三维仿真声音。再如，用户在打球时，不仅能听到拍球时发出的“嘭嘭”声，还能感受到球对手的反作用力，即手上有一种受压迫的感觉。

1.2.2 交互性

交互性是指用户通过使用专门的输入和输出设备，使人类自然感知对虚拟环境内物体的可操作程度和从环境得到反馈的自然程度。这与传统的多媒体技术有所不同。在传统的多媒体技术中，人机之间主要是通过键盘与鼠标进行一维、二维的交互，而虚拟现实系统强调人与虚拟世界之间的交互是以自然的方式进行的，如同在真实世界中一样的感知，甚至连用户自己都感觉不到计算机的存在。用户可以利用计算机键盘、鼠标进行交互，还可以利用特殊头盔、数据手套等传感设备进行交互。计算机能根据用户的头、手、眼、语言及身体的运动，来调整系统呈现的图像及声音。譬如，头部转动后能立即在所显示的场景中产生相应的变化，用手移动虚拟世界中的一个物体，物体位置会随即发生相应的变化。用户可以通过自身的语言、身体运动或动作等自然技能，对虚拟环境中的任何对象进行观察或操作。譬如，拿起虚拟环境中的一个篮球，可以感受到球的重量，将其扔在地上还可以弹跳。

1.2.3 构想性

构想性是指通过用户沉浸在人类想象出来的“真实的”虚拟环境中，与虚拟环境进行各种交互作用，从定性和定量综合集成的环境中得到感性和理性的认识，从而可以深化概念，萌发新意，产生认识上的飞跃。因此，虚拟现实不仅是一个用户与终端的接口，而且是为解决工程、医学、军事等方面的问题由开发者设计出来的应用系统。通常它以夸大的形式反映设计者的思想，可使用户沉浸于此环境中去认识世界。这种认识可以使人类突破时间、空间的限制去完成那些由于某些条件限制而难以完成的事情。譬如，在建设一座大楼前，人们要绘制建筑设计图纸，但无法形象、直观地展示建筑物的更多信息。现在，设计师可以采用虚拟现实系统进行仿真设计，能够真实地反映设计者的思想。因此，虚拟现实是启发人的创造性思维的活动。

※ 1.3 虚拟现实的发展史

虚拟现实技术不是突然出现的，它在进入民用领域之前，已经在军事、企业界及学术实验室进行了长时间的研制开发。虽然它在20世纪80年代后期才被世人关注，但早在20世纪50年代中期就有人提出这一设想。在电子技术还处于真空电子管时期时，美国电影摄影师Morton Heilig借助于电影技术，通过“拱廓体验”让观众经历了一次沿着美国曼哈顿的想象之

旅，但由于缺乏相应的技术支持、缺乏硬件处理设备、找不到合适的传播载体等，直到20世纪80年代末，随着计算机技术的高速发展及Internet技术的普及，虚拟现实技术才得到广泛的应用。

虚拟现实技术的演变可分为四个阶段：有声、形、动态的模拟是蕴涵虚拟现实思想的第一阶段（1963年以前），虚拟现实萌芽为第二阶段（1963—1972年），虚拟现实概念的产生和理论初步形成成为第三阶段（1973—1989年），虚拟现实理论进一步的完善和应用为第四阶段（1990年至今）。

1.3.1 虚拟现实技术的前身

虚拟现实技术是一种有效地模拟生物在自然环境中的视、听、动等行为的交互技术，其概念是发展的和变化的。

虚拟现实技术与仿真技术的发展是息息相关的，它可追溯到中国古代的战国时期（公元前468—前376年），据《墨子·鲁问》篇记载：“公输子削竹木为鹊，成而飞之，三日不下。”这段文字的意思是：“公输班削竹木做成了一只喜鹊，让它飞上天空，三日不落。”这是有关中国古代试验飞行器模型的最早记载。仿真技术正是VR技术的基础。

后来该技术传到西方，西方人称风筝为飞行器，利用风筝的原理发明了飞机。

具有27项专利的发明家Edwin A.Link于1929年发明了简单的机械飞行模拟器，在室内某一固定地点训练飞行员，使乘坐者感觉和坐在真实飞机上是一样的，使受训者可以通过模拟器学习飞行操作。

1956年，美国Morton Heilig受到了全息电影的启发，研制出一套称为Sensorama的仿真模拟器，如图1-3所

示，并在1962年申请了专利。这可以说是世界上第一台VR设备。这台设备是模拟电子技术在娱乐方面的具体应用。它能生成立体的图像、立体的声音效果，并产生不同的气味，还能产生振动，甚至感觉有风吹过。但是这台设备观众只能观看，不能改变所看到的和所感受到的世界，即缺乏交互操作功能。



图1-3 Sensorama立体电影系统

上述三种较典型的发明推动了仿真技术的发展，是虚拟现实技术的前身，蕴涵了虚拟现实的思想。仿真和计算机的发展促使了虚拟现实技术的萌芽。

1.3.2 虚拟现实技术的萌芽阶段

20世纪60—70年代初是虚拟现实思想萌芽阶段。

1961年，世界上第一款头戴显示器Headsight（图1-4）出现。它融合了CCTV监视系统及头部追踪功能，主要用于查看隐秘信息。



图1-4 Headsight头戴显示器

1965年，计算机图形学的奠基者美国科学家 Ivan Sutherland 教授在他的博士论文“the ultimate display”中对有关计算机图形交互系统方面做了论述，提出了感觉真实、交互真实的人机协作新理论。这是一种全新的、富有挑战性的图形显示技术。即使观察者不通过计算机窗口而是直接沉浸在计算机生成的虚拟世界中，随着头部的转动、身体的变动，观察相应变化的世界。与此同时，他还可以用手、脚等部位与虚拟世界进行交互，虚拟世界中随之会发生相应的反应，使观察者有身临其境的感觉。后来，这一理论被公认为虚拟现实技术的里程碑。Ivan Sutherland 被人们称为“计算机图形学之父”的同时，也被人们称为“虚拟现实技术之父”。

1966年，最早的3D头戴设备之一—GAF Viewmaster（图1-5）出现。它通过内置两块镜片进行幻灯片的观赏，有一定的3D效果，但不是专业的影音设备。人们对其后续版本加入了音频功能，简单的多媒体功能得以实现。



图1-5 GAF Viewmaster

1968年，Ivan Sutherland 开发了头盔式立体显示器（Helmet Mounted Display, HMD）。这套设备配备了显示器和视角定位设备，当用户的头部位置发生改变时，吊臂的关节移动就传输到计算机中，计算机更新显示的信息。但由于该设备过于沉重，人们只能把它悬挂吊装在天花板上，因此，这第一台头戴式显示器也赢得了“Sword of Damocles”（达摩克利斯之剑）的绰号，如图1-6和图1-7所示。

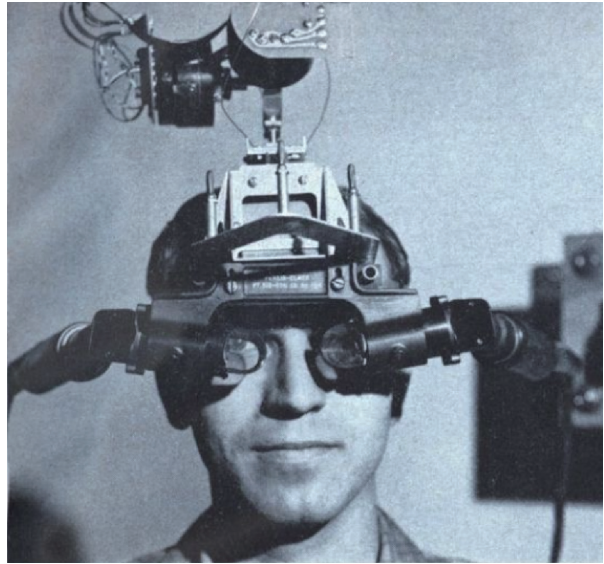


图1-6 Sword of Damocles（一）



图1-7 Sword of Damocles（二）

1.3.3 虚拟现实的概念和理论的初步形成

1973—1989年为虚拟现实技术的第三阶段。

1973年，Myron Kruger提出了“Artificial Reality”（人工现实），这是早期出现的虚拟现实词

语。从字面上来看，它具有虚拟现实的含义。

1980年，出现了可以连接计算机的摄像头，其可将数据叠加显示在眼前的Eye Tap（图1-8）。它与微软的Holo Lens非常相似，是一款严格意义上的增强现实设备，这对于虚拟现实技术的发展有一定的意义。

20世纪80年代初到中期，美国国家航空航天局（NASA）及美国国防部开始研究外层空间环境。

1984年，NASA Ames研究中心虚拟行星探测实验室的M. Mc Greevy和J. Humphries博士开发了虚拟环境视觉显示器用于火星探测，将探测器发回地面的数据输入计算机，构造了火星表面的三维虚拟环境。之后NASA又投入了资金对虚拟现实技术进行研究和开发，开发了非接触式的跟踪器等产品。

同年，第一款商业虚拟现实设备RB2（图1-9）面世，其设计已经与目前的主流产品非常相似，可以通过配备的体感追踪手套实现操作。但在1984年，其高达50 000美元的售价被人们觉得是天价。

1985年以后，由于Fisher的加盟，他们在Jaron Lanier的接口程序上做了进一步研究。随后在虚拟交互环境工作站（VIEW）项目中，他们又开发了通用多传感个人仿真器等设备。

参加该项目的Warren Robinett设计了虚拟工作站，可以称得上是NASA's虚拟现实项目的先驱。随后，美国的Stone和Hennequin共同发明了数据手套。第一个数据手套被NASA用于虚拟现实，由Warren Robinett构思和实现手套与虚拟世界的交互技术。可以说，手套、头盔是实现虚拟现实的硬件，交互式接口技术是实现虚拟现实的软件，如图1-10所示。



图1-8 Eye Tap



图1-9 RB2



图1-10 NASA头戴显示器

1986年，Robinett与合作者Fisher、Scott S、James Humphries、Michael Mc Greevy发表了早期的虚拟现实系统方面的论文“*The Virtual Environment Display System*”，这是NASA工作站的成果之一。

1987年，杰伦·拉尼尔（Jaron Lanier）组装了一台虚拟现实头盔。这是第一款真正投放于市场的虚拟现实商业产品，价值10万美元。

1989年, Jaron Lanier提出用“Virtual Reality”来表示虚拟现实一词, 并且把虚拟现实技术作为商品, 推动了虚拟现实技术的发展和应用。

※ 1.4 虚拟现实理论的完善和全面应用

1990年至今为虚拟现实技术的第四阶段。

1992年, 美国Sense8公司开发了“WTK”开发包, 为虚拟现实技术提供更高层次上的应用。

1993年, 著名游戏厂商世嘉曾计划发布基于其MD游戏机的虚拟现实头戴显示器, 设备外观相当前卫, 如图1-11所示。但是, 在早期的非公开试玩测试中, 由于测试者反应平淡, 最终世嘉以“体验过于真实, 担心玩家会受到伤害”为由取消了该项目。



图1-11 世嘉VR



图1-12 任天堂Virtual Boy

1994年3月, 在日内瓦召开的第一届WWW大会上, 首次正式提出了VRML这个名字。后来又出现了大量的VR建模语言, 如X3D、Java3D等。同年, Burdea和Coiffet出版了《虚拟现实技术》一书, 在书中, 他们描述了虚拟现实的三个基本特征: 3I (Imagination, Interaction, Immersion)。这是对虚拟现实技术和理论的进一步完善。

1995年, 一款“CAVE”虚拟现实系统被伊利诺伊大学的学生研发出来。这款设备实现的沉浸式体验是通过建立一个三壁式投影空间, 并配合立体液晶快门眼镜来实现的。这对推动现代虚拟现实的发展起了极大的作用。同年, 任天堂发布32位游戏机Virtual Boy (图1-12)。这款游戏机的主机是一个头戴显示器, 但只能显示红、黑两色。再加上受到当时技术的限制, 游戏内容上以2D效果呈现, 分辨率和刷新率较低, 用户易产生眩晕和不适感。由此, 任天堂的虚拟现实游戏计划在不到一年的时间内便宣告失败。