

虚拟现实技术的历史、现状及其在语言教育中的应用 (History and Current State of Virtual Reality Technology and Its Application in Language Education)

叶为兵
(Ye, Weibing)
圣母大学
(University of Notre Dame)
wye@nd.edu

刘士娟
(Liu, Shijuan)
宾州印第安纳大学
(Indiana University of
Pennsylvania)
sliu@iup.edu

宋飞
(Song, Fei)
北京第二外国语学院
(Beijing International Studies
University)
bestsongfei@126.com

摘要: 虚拟现实 (VR) 技术在时隔第一次热潮近 20 年后因为 2014 年 Facebook 以 20 亿美元收购一家 VR 初创小公司而重新受到社会和媒体的关注。本文首先回顾虚拟现实技术的发展历史, 并分析在上世纪八十年代末和九十年代出现的第一次 VR 热潮的兴起和冷却的原因及相关因素。其次, 文章介绍 2014 年以来 VR 发展的情况并对市场上的主要 VR 产品进行分类。接着, 文章讨论 VR 在教育以及电子商务、医疗卫生等各领域的应用。最后, 文章探讨 VR 在包括中文在内的语言教学中的应用, 并对其优势和挑战加以总结。

Abstract: Having faded from public attention for nearly 20 years, virtual reality (VR) has been regaining its popularity since 2014 following Facebook's acquisition of a startup VR company for two billion dollars. This paper first reviews the origin, history, and evolution of virtual reality technology, which can be traced back to the early 1930s, and analyzes factors related to the rise and fall of the VR technology in late 1980s and the mid-1990s respectively. The paper then introduces the development of VR technology since 2014, and categorizes the major VR products available in the markets (such as Oculus Rift, HTC Vive, Google Cardboard, and Samsung Gear VR). Additionally, the paper discusses the applications of virtual reality in education and other fields such as business, medicine, and entertainment. Finally, the paper describes sample products and practices of using VR technology in language teaching and learning. The paper concludes with an analysis of the advantages and challenges of applying VR technology in language education including Chinese language teaching and learning.

关键词: 虚拟现实, 技术, 头戴设备, 教育, 语言教学

Keywords: Virtual reality, technology, head-mounted device, education, language teaching and learning

1. 引言

2016年曾被很多英文报刊、杂志和书籍称为“Year of Virtual Reality”(虚拟现实年)(如 Cellan-Jones, 2016; Morris, 2015; Steinicke, 2016; Swanson, 2016等)。中文媒体(如天津日报, 2016)、有关研究机构(如艾媒咨询, 2016)及很多业界人士(如戴若犁, 2016)也将2016称为“虚拟现实的元年”。

虚拟现实究竟指的是什么?它是一项崭新的技术吗?如果是,它与其他已存在的有关技术相比新在何处?如果不是,它源于何时,为什么最近几年受到如此关注呢?这项技术可应用于哪些领域?可以用在教学当中吗?对包括中文在内的语言教学有什么帮助吗?

Rheingold 在其 1991 年所著的《Virtual Reality》书里说,了解 Virtual Reality 如何开始、从何开始将有助于讨论它走向何处及其原因(译自 377 页)。本文首先对虚拟现实技术的缘起及发展历程作一回顾,然后介绍虚拟技术的现状。文章最后讨论虚拟现实技术在教育,特别是语言教育,及其他领域的应用。

2. 虚拟现实技术发展历程回顾

“Virtual Reality”(虚拟现实)一词公认是由美国电脑科学家、视觉艺术家 Jaron Lanier 在二十世纪八十年代首先使用并推广开的(Rheingold, 1991; Steinicke, 2016)。每一项科学技术的发展都离不开几代人的努力和探索,虚拟现实技术也不例外。

2.1 八十年代前

在回溯虚拟现实技术发展历程时,有人(如 VR Roundtable, 2017; 赵沁平, 2015 等)将之追溯到上世纪三十年代初用于培训飞行员的飞行驾驶模拟器: The Link Trainer Flight Stimulator。该模拟器简称 The Link Trainer, 是 Edwin Albert Link 在 1929 年所做的探索的基础上发展而来。这个模拟器由一个大的蓝色箱子组成,故又称 The Blue Box。使用者通过操作安装在里面的仪器,可以体验空中驾驶飞机的感觉,所以该模拟器被视作人类对创造身临其境体验的初次尝试。据 Naval Air Station Fort Lauderdale Museum 网页介绍,此模拟器是二战期间最重要的飞行培训设备,有超过 50 万的美国飞行员使用过(Naval Air Station Fort Lauderdale Museum, 2010)。

另外,在谈到虚拟现实技术发展历史时,很多人(如 Rheingold, 1991; Steinicke, 2016; VR Roundtable, 2017; 赵沁平, 2015 等)都会提到 1962 年 Morton Heilig 发明的 Sensorama Machine。据一个专门详细介绍 Morton Heilig 生平与贡献的网站(<http://www.mortonheilig.com/>)介绍,该机器其实造于 1957 年,是 1962

年获得的专利¹。Morton Heilig 曾作过电影制作人和摄影师, 在 1955 年曾发表过一篇题为 Cinema of the Future 的文章, 此机器是 Heilig 根据自己对未来观影体验的一些设想所做的一个简单原型机 (Prototype)。



图 1. Sensorama. 来源:
<http://www.mortonheilig.com/InventorVR.html>

Howard Rheingold 在 1991 年出版的名为“Virtual Reality”一书 (第 50-51 页) 中, 提到他在 1990 年 3 月曾见到 Heilig 本人并亲身在 Heilig 家中试过这台时隔多年却仍可操作使用的 Sensorama 机器。据 Rheingold (1991) 描述, 该机器通过三维影片 (3D motion picture) 产生的视觉效果, 引擎轰鸣声和风声造成的听觉效果, 空气吹动头发及震动对手和身体产生的触感, 可让他身在 1990 年的南加州却能全方位身临其境地体验到骑着摩托车奔驰在 50 年代纽约 Brooklyn 街头的所见所感。Rheingold (1991) 在体验后评论说虽然该体验仅有 30 秒, 但对虚拟现实发展历史而言, 可与飞机发明史上 Wright 兄弟做的飞

机原型机(Prototype)的重要性相提并论。尽管由于种种因素, 该机器可惜未能实际投入生产, 但如 Steinicke (2016) 评论所说, 其对之后的 4D/5D 电影的发展起到了奠基作用。

1967-1968 年, 计算机图形学 (Computer Graphics) 奠基人和图灵奖 (Turing Award, 1988 年) 获得者 Ivan Sutherland 博士在任哈佛大学电子工程副教授时, 与其学生 Bob Sproull 一起发明了第一个与计算机连接的头戴式显示器 (Head-mounted display, 简称 HMD) 系统 (Burton, 2012; Steinicke, 2016)。由于该系统需要通过一根长棍吊在空中与天花板连接, 当使用者戴上该显示器时, 这根棍子就在其头顶上, 令人联想起希腊神话中的达摩克利斯之剑的故事, 故该发明又被称为达摩克利斯之剑 (the Sword of Damocles)。Burton (2012) 把这一发明看作是第一个虚拟现实和增强现实 HMD 设备。Lanier (2017) 称之为第一个可以真正算作 VR 的产品 (翻译自第 41 页)。而 Steinicke (2016) 则指出由于这一设备所产生的图形是叠加在眼前看到的真实物品上的², 所以严格意义上讲, 只能算作是增强现实 (Augmented Reality) 的第一个 HMD。



图 2. The Sword of Damocles 来源:
<https://www.britannica.com/technology/head-mounted-display>

¹ <http://www.mortonheilig.com/InventorVR.html>

² <https://www.youtube.com/watch?v=ISJWZpFIAIQ> (一段记录当年头上戴上该设备操作情况的时长 20 秒的视频)

值得指出的是, 仅就 HMD 本身而言, 有人 (如 VR Roundtable, 2017; Steinicke, 2016 等) 认为这个达摩克利斯之剑并不是最早的 HMD 设计, 比如上文提到的 Morton Heilig 在发明 Sensorama Machine 之前还曾设计过一个可戴在头上观看电视的设备叫 Telesphere Mask, 该设备在 1960 年获得专利¹。另外, 1961 年两名 Philco 公司的工程师 Charles Comeau and James Bryan 发明了一个头戴装置, 使用者可通过头部运动来控制设置在远方的照相机, 观察远方的情况, 该设备主要用于军事中的危险情况。虽然该设备被一些人看作是第一个 HMD, 但如 Steinicke



图 3. Viewmaster

来源:

<https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>:

(2016) 评论所言, 这一设备不能产生图像也尚未与计算机结合。此外, 还要指出的是在谈到 HMD 历史时, 也有人会提到 1939 年获得专利的 Viewmaster, 该发明当时被用来戴在头上看 3D 照片。2014 年推出的可戴在头上看智能手机上的 3D 影像的 Google Cardboard, 其设计理念从一定程度上说与 Viewmaster 相似 (Virtual Reality Society, 2017)。

2.2 VR 的第一次兴起 (80 年代末 90 年代初)

真正开始使用 Virtual Reality 一词的是 Jaron Lanier (Steinicke, 2016, VR Roundtable, 2017)。1984 年 Jaron Lanier 在自己家里成立了 VPL Research 公司, 开始专注于自己一直感兴趣的将电脑语言形象化的研究。他认为当时的计算机语言如同数学一样过于不必要的抽象化和符号化。据 Lanier 回忆, 公司名字里的 VPL 既可代表被理解成研究 Visual Programming Languages, 也可理解为研究 Virtual Programming Languages, 是他当时在一位媒体人追问他的工作单位名称时临时起意顺口说的 (Snider, 1993)。第二年他在 Atari 的前同事 Thomas Zimmerman 和其他几个人加入。公司专门开发和销售 VR 有关的软硬件成品。

VPL Research 比较有名的产品是数据手套 (Data Glove), 该产品是在 Thomas Zimmerman 之前已有想法的基础上发展而成 (the Economist, 2010)。据产品演示录像显示², 用户戴上该手套后电脑显示屏可以显示手的活动情况, 并且还可通过软件, 实现手在空中对电脑显示屏中的物品进行操作并与之互动。在 Data Glove 基础上发展而来的还有 Data Suit, 用户可穿在身上后与电脑里的图像互动, 电脑也可显示用户身体各部位的活动。VPL Research 另外一个代表产品是 Eye Phone, 外形与今天市场上的 HMD 产品极其相似。用户戴上后可以通过头部运动控制屏幕上显示的物品并与之



图 4. Eye Phone 和 Data Glove 来源:

<https://vrwiki.wikispaces.com/VPL+EyePhone>

¹ <http://www.mortonheilig.com/TelesphereMask.pdf>

² <https://www.youtube.com/watch?v=fs3AhNr5o6o> (Data Glove Demo 视频)

互动, 并且还可是与同样戴上该设备的其他用户互动(参见 VPL1990 年介绍 Data Glove, Data Suit 和 Eye Phone 的视频¹)。

据 1989 年采访 Jaron Lanier 的 Adam Heilbrun 介绍, 当时美国国内大约有 20 个 VR 研发团队, 包括 NASA (National Aeronautics and Space Administration 美国国家航空航天局) 在内(Heilbrun, 1989)。Jaron Lanier 的 VPL Research 是第一家生产并销售 VR 产品的公司(Steinicke, 2016)。其生产的 Eye Phone 和 Data Glove 产品受到社会和媒体的热烈关注, 并登上 *Wall Street Journal* 和 *the New York Times* 等封面(Parkin, 2014)。Eye Phone 还在 1992 年上映的基于 VR 的科幻恐怖电影 *The Lawnmower Man* 中出现过(Parkin, 2017)。Jaron Lanier 也在当时特别是 1989 年前后接受过多家媒体的采访, 除了介绍 VPL 的产品外, 还阐述他对 VR 的理解和展望。*The Lawnmower Man* 电影获得了票房巨大成功, 从而进一步提高了 VR 在社会上的关注度(Harris, 2016)。Virtual Reality 在 80 年代底 90 年初迎来第一次热潮, 成为非常热门的一个词。

值得指出的是从上文提到的 30 年代初用 The Link Trainer 培训飞行员, 到 1958 年成立的 NASA 开始培训宇航员, 进行飞行模拟训练一直是虚拟现实技术发展的不可或缺的推动力和一个重要应用领域。VPL Research 生产的 Data Glove 很多也是被 NASA 采购。NASA 并在 1991 年成立了 [Virtual Reality Laboratory](#) (VR Roundtable, 2017)。

同在 1991 年, 致力于开发 VR 街机游戏(Arcade Games)设备的 Virtulity Group 公司在英国成立(Steinicke, 2016; VR Roundtable, 2017)。该公司的创始人, 总裁和首席技术官是 1990 年从英国 Loughborough University of Technology 计算机专业毕业的年轻博士 Jonathan Waldern。Jonathan Waldern 和他的合作者在 1990 年的一个展览会上展示了两个基于自己在校期间研究所造的设备。该设备被 British Communications (BT) 购买以用来探索虚拟视频会议的可能性(Strassel, 1997)。此外, 他们还收到请他们做培训和行销方面 VR 产品的投资(Musings of a Mario Minion, 2016)。而 Jonathan Waldern 和他的合作者则选择将他们的 Virtulity Group 公司定位在开发 VR 街机(游戏厅用的)游戏设备。1991 年他们推出了一坐一站两款 1000 系列游戏设备。用户可以头戴 VR 设备, 手里拿着操作杆, 与同时戴上设备的玩伴在虚拟世界里互相射击、拳击和做其他互动(详见分别摄于 1991²和 1994³年介绍该设备的视频。)

¹ https://www.youtube.com/watch?v=ACeoMNux_AU (VPL Eye Phone 1990)

² <https://www.youtube.com/watch?v=rVn3H93Ysag> (Virtual Reality 1991)

³ <https://www.youtube.com/watch?v=2Imyn6Qsq9s> (Virtulity - Manufacturing Virtual Reality Arcade machines in 1994)



图 5. Virtuality 产品



图 6. Virtuality 产品

图 5 和图 6 来源: <https://www.virtual-reality-shop.co.uk/virtuality-gaming-system/>

同一时期比较有名的 VR 游戏产品是 1995 年总部在日本的 Nintendo 公司（又称任天堂株式会社）开发的 Virtual Boy。该产品由有名的游戏开发专家 Gunpei Yokoi（横井軍平）领导制造，于 1995 年在市场推出。包括一个可架在桌子上形状类似望远镜的 VR 一体式眼镜和类似今天家用游戏机（如 Xbox）配置的可用于两手同时操作的游戏柄。用户把双眼贴近 VR 眼镜，双手通过游戏柄与 VR 眼镜显示屏上的游戏互动，比如可和里面的 Mario 卡通人物打网球（详见评介该产品的视频¹）。



图 7. Virtual Boy 来源: <https://www.virtual-reality-shop.co.uk/virtuality-gaming-system/>

2.3 VR 第一次兴起的背后

二十世纪八十年代末九十年代初的第一次 VR 热潮及诸多 VR 产品的出现固然受益于与之前有关产业如模拟培训、电影技术等的发展，但最重要的还是有赖于七十年代和八十年代初的计算机技术的突破，特别是个人计算机（Personal Computer）的发明。1971 年 Intel 公司的工程师 Ted Hoff 发明了第一个微型中央处理器 (Micro Processor)，为大幅度降低计算机成本和缩小计算机体积提供了可能性。据 History.com (2011) 介绍，由 University of Pennsylvania 科学家建造的 Electronic Numerical Integrator Analyzer and Computer (ENIAC) 是最早最有名的计算机之一，在二战期间主要用在军事上。其耗资达 50 万美元，重 30 吨，占地约 2,000 平方英尺。而 Ted Hoff 发明的这款被称作 4004 的微处理器芯片体积虽只有 1/16 英尺宽、1/18 英尺长，但却有与 ENIAC 相同的强运算能力。1975 年，Bill Gates 和 Paul G. Allen 利用为 Micro Instrumentation and Telemetry Systems (MITS) 公司生产的 Altair 编写“Altair BASIC”挣的钱，成立了 Microsoft 公司。1976 年 Steve Jobs 和 Stephen Wozniak 制造了 APPLE I，比 Altair 所用的微处理器更便宜，储存量更大，并且还有一个显示屏。第二年，他们又推出了配有彩色显示器和可外储数据的 APPLE II，并且鼓励社会各界的人为其编写适用程序 (History.com, 2011)。1983 年 APPLE 推出了 Lisa，第一个图形用户界面 (Graphic User Interface) 的个人用电脑

¹ https://www.youtube.com/watch?v=Jjz4bls_gPs (Virtual Boy-Gaming Historian)

(Computer History Museum, 2017; Zimmermann, 2017), 1984年1月又推出了 Macintosh 和 Lisa 的升级版。个人电脑的普及和电脑技术及图像处理技术的提高促进了虚拟技术的发展, 比如 Heilbrun A. (1989)采访 Jaron Lanier 的报道中提到 Jaron Lanier 演示 VPL 产品时用的就是 MAC 电脑。

2.4 第一次 VR 热逐渐冷却 (90 年代末)

然而, VR 技术以及与其相关的技术在当时才刚刚起步, 远未成熟。如 Jonathan Waldern 在 2015 年接受采访时回忆说当时 Virtuality 用的 Sony 的 LCD 显示器的像素只有 300 x 200 pixels, 而如今最低的像素则是 1080 甚至 4K (Arthur, 2015)。人们在试用 VR 产品后发现了诸多问题。比如虚拟现实里的图像模糊、卡通化, 不能给人好的沉浸式代入感。而 Virtual Boys 游戏里图像更是只有红色和黑色组成。另外, 人们在转动头部或身体时, 虚拟现实里的图像和视角变换滞后 (National Public Radio, 2016)。再者, 很多 VR 硬件设备笨重, 使用不便。还有基于虚拟现实开发的游戏和其他内容尚十分有限 (Strassel, 1997)。

另外, 人们发现这些 HMD 设备不能连续长时间使用, 即便短时间 (如 15 分钟) 使用也会产生头晕恶心等类似晕车的症状 (Kolasinski, 1995; NPR, 2016; Parkin, 2014)。类似情况在利用模拟器进行飞行训练时也有 (Miller, & Goodson, 1960), 被称做 Stimulator sickness, 并已有大量研究 (如 Crowley, 1987; Kennedy & Fowlkes, 1992)。Kolasinski (1995) 针对虚拟现实中的 Stimulator sickness 开始研究。此外有人担心使用 VR 设备会影响儿童的视力, 这一点也是 Virtual Boy 在市场上失败的原因之一 (Gaming historian, 2014)。

成本高、价格昂贵也是造成生产 VR 产品设备的公司失败的重要原因之一。如 Strassel (1997) 分析所说, 创造虚拟现实不同于运行其他计算机程序, 它对电脑硬件设备如计算空间和图像处理能力等要求极高。虽然计算机芯片和显卡在 80 年末和 90 年代初与六七十年比有了很大下降, 但对生产商来说, 仍然负担沉重。Virtuality 公司的创始人 Jonathan Waldern 在 2015 年回忆说, 虽然当时生产的 VR 设备于今天相比功能有限, 但每台设备耗资七万美元 (Arthur, 2015)。与之类似, Jaron Lanier 的 VPL Research 公司生产的包括 Eye Phone 初级版要一万多美元, 高级版则要 49,000 美元、Data Glove 初级版要 8000 美元 (IGI Consulting, 1992)。另一方面, 社会在对 VR 新鲜度过后购买欲望降低, 需求有限。1990 年 VPL Research 公司申请破产 (NPR, 2016), 其专利被借款给它的一家法国公司拍卖 (Snider, 1993)。

人们在被媒体点燃的对 VR 的热情和过高期望在体验一些 VR 产品后逐渐冷却和变得失望 (Schnipper, 2016)。虽然很多专业领域如航空、医学、建筑等对虚拟现实的研究仍在继续, 但从 1995 年之后, 虚拟现实已渐渐远离普通大众和主流媒体关注的视线。直到近 20 年后的 2014 年, 新一轮虚拟现实热被一起高达 20 亿美元的收购重新点起。

2.5 VR 热再度兴起 (2014 年)

2014 年 3 月 24 日 Facebook 在其网站上宣布 20 亿美元收购 Oculus VR 公司, 并在网页上对 Oculus VR 公司和收购目的做了简单介绍。按其说法, Oculus 是“the leader in immersive virtual reality technology” (沉浸式虚拟现实技术的领头羊), 其设计的头戴式耳机 the Oculus Rift headset 已收到超过 75000 个订单。Facebook 期待将 Oculus 现有在游戏方面的优势延伸到社交、媒体、娱乐、教育等其他应用领域 (Facebook, 2014)。

此次收购强烈刺激了资本市场和科技圈, 使沉寂多年的 VR 产业再一次爆发。VR 在时别 20 年后重新得到媒体和社会的关注。下面就虚拟现实技术在近几年的发展情况及当今市场上的主要产品做简单介绍。

3. 虚拟现实技术发展现状及当今主流产品介绍

3.1. 虚拟现实技术近几年的发展

2014 年 3 月 Facebook 宣布 20 亿美元收购 Oculus 公司, 3 个月后, Google 在 6 月 25 日召开的 Google 为开发者举行的 [I/O 大会年会](https://www.google.com/events/io)¹上给来自世界各地与会者免费赠送了一个硬纸壳做的 Google Cardboard 眼镜 (Lowensohn, 2014)。很多人当时以为是 Google 开的一个玩笑, 试过以后才认识到这可能是 Google 踏足 VR 领域的一个开始, 并且是一个花费低 (Seppala, 2014)、时机好、非常巧妙的开始 (Metz, 2015)。如有分析家评论, Google 此举好比给那些主张 VR 高大上的人迎面一掌, 证明 VR 不一定非得那么贵、离普通大众那么远 (Metz, 2015)。2014 年 9 月, Samsung 宣布与 Oculus 合作生产 Samsung Gear VR, Samsung 提供硬件, Oculus 提供软件。12 月, Samsung 开始销售第一款 Gear VR。虽然该款 VR 标明是 Gear VR Innovator Edition, 主要供软件开发者试用, 但仍是主流电子产商推出的第一款基于移动手机的 VR 眼镜。由于其软件由 Oculus 提供, 这无疑增加了产品的号召力, 因为虽然人们知道基于电脑主机的 Oculus Rift 头戴式显示设备的效果一定会好得多, 但是有 Oculus 软件支持的 Gear VR 显然也会让他们对 Oculus 的技术效果略尝一二 (Gilbert, 2014)。



图 8. Samsung Gear VR
来源: goo.gl/LGsokb

2015 年 Google 在 5 月 28 日举行的 [I/O 年会上](https://events.google.com/io2015/)²推出了 Google Cardboard 的改进版。改进后的 Google Cardboard 除了支持 Android 系统的手机外, 还支持 iOS 系统的手机。同时 Google 在此年会还宣布了面向学校



图 9. Google Cardboard
来源: goo.gl/ovUu3o

¹ <https://www.google.com/events/io>

² <https://events.google.com/io2015/>

的 VR 项目 Expeditions (Robertson, 2015)。Google 的网站上将 Expeditions 译作“实境教学”并提供 [Expeditions 项目的中文版](#)¹。按其网站²解释,“Google 实境教学是一款虚拟实境的教学工具。有了它,不用离开教室,即可与鲨鱼一起游泳、游览外太空、参观博物馆等等。”纽约时报 (New York Times) 在 2015 年 9 月的报道说,Google 已经与学校老师和很多相关机构合作,完成了包括对中国长城、费城的 Independence Hall (独立厅) 等 100 多个虚拟教学旅行(virtual field trips)的创建,并已在数学、科学、历史、语言等课上尝试过,感兴趣的学校可以向 Google 申请免费得到参加该项目的设备 (Singer, 2015)。同年 11 月,Google 与 New York Times(纽约时报)合作,将 Google Cardboard 免费邮寄给时报的 140 万订户,作为帮助宣传纽约时报自己 [VR 内容](#)³的一部分 (Wohlsen, 2015)。

2016 年 3 月底经过两年的千呼万唤后 Oculus Rift 推出普通消费者版(Rubin, 2016)。两个星期后,总部在台湾的 HTC (宏达) 推出与美国著名游戏公司 Valve (中国游戏者所称的 V 社) 合作生产的 HTC Vive。由于这两款 VR 都需要在电脑上运行,都来历不凡,从而成为强有力的竞争对手。VR 市场的战斗正式开始 (Hardawar, 2016a)。同年 10 月

Sony 公司推出基于其 Play Station 4 游戏机的 VR。基于 Play Station 4 已有四千万的用户群,有人预测 Sony 当年就有可能销售 260 万台这款 VR。Google 在 2016 年更是不甘寂寞,先是在其 3 月 18 日举办的 [I/O 年会上](#),

宣布 Daydream (白日梦) VR 软件平台,作为下一代 Android N 系统支持的 VR 认可标准 (Robertson & Miller, 2016),接着在 11 月推出硬件 Daydream View 眼镜(或译作头盔)。Daydream View 是 Google Cardboard 的超强版。虽然只支持 Android 手机,但一经推出,便被看作是 Samsung Gear VR 的极大挑战 (Hardawar, 2016b)。原因之一在于 Samsung Gear VR 只用在 Samsung 自己生产的几款手机上,而 Daydream View 则可用在几乎所有运行 Android 系统的主流品牌产品的高、中端手机上。面对资金雄厚的各大公司在 2016 年 VR 市场的激烈角逐,难怪很多人(如 Cellan-Jones, 2016; Steinicke, 2016; Swanson, 2016 等)将 2016 年称为虚拟现实年(Year of Virtual Reality),或虚拟现实元年 (iiMedia Research, 2016; 戴若犁, 2016; 天津日报, 2016)。

值得指出是,2016 年 8 月中国工业和信息化部在 iWorld2016 数字世界博览会 VR/AR 领袖峰会上发布《2016 全球虚拟现实产业研究报告》,里面提到中国生产 VR 设备的公司已达 90 多家 (新浪 VR, 2016)。9 月由中国电子信息产业发展研



图 10. 基于电脑或游戏主机的三款高端 VR 头显
来源: goo.gl/6S1C6D

¹ https://support.google.com/edu/expeditions/answer/6335093?hl=zh-Hans&ref_topic=6334250

² https://support.google.com/edu/expeditions/answer/6335093?hl=zh-Hans&ref_topic=6334250

³ <http://www.nytimes.com/marketing/nytvr/>

究院、北京航空航天大学虚拟现实技术与系统国家重点实验室、歌尔股份有限公司、宏达通讯有限公司(HTC)等虚拟现实领域主要企业、研究机构联合发起的[虚拟现实产业联盟](#)¹(Industry of Virtual Reality Alliance, 英文缩写 IVRA)在北京成立。12月由 Google VR、Facebook 的 Oculus, HTC Vive, Sony 等六家 VR 巨头组成了全球虚拟现实协会 Global Virtual Reality Association (GVRA)以共同推动 VR 技术的发展(详见 <https://www.gvra.com/>)。

3.2 目前虚拟现实技术主流产品分类

当前市场上头戴式(HMD)VR的主流产品可大致可分成四大类:

(1) 需要与电脑主机相连接的, 如 Oculus Rift 和 HTC 的 Vive 都需要与电脑主机连接, 并且对电脑主机的运行速度、图像显示卡配置、计算机内存等有很高的要求。

(2) 需要与专门的游戏主机相连接, 如 Sony PlayStation VR 需要与 Sony 生产的 PlayStation 游戏主机连接。

(3) 需要有智能手机支持的, 如 Samsung 和 Oculus 联合制作的 Samsung Gear VR (只支持三星手机)、Google Daydream View (支持 Android 手机)、Google Cardboard(同时支持 Android 和 iOS 系统)。

(4) 一体式(Standalone)的, 不需要有主机或手机的支持, 自成一体, 具有独立的 CPU、输入功能和显示屏。一体机目前以中国品牌为主, 如[大朋 VR 一体机](#)和[微鲸 VR 一体机](#)等²。Google、Oculus 和 HTC 也都在发展自己的一体机。[Oculus 网站上](#)显示 2018 年初会出售起价 199 美元的一体机 Oculus Go³。[HTC 的中文网站](#)显示从 2017 年 12 月 12 日开始接受预定, 2018 年 1 月会发售一体机 [Vive Focus](#)⁴, 两款售价人民币 3999 元和人民币 4299 元, 但其首先主要在中国市场发行(Feltham, 2017)。[Google 网站](#)显示 Google 正在和 [Lenovo](#) 合作制造 Daydream Standalone headset⁵。

¹ <http://www.ivra.com/>

² 参见 5 款 VR 一体机横评: http://vr.pconline.com.cn/869/8690905_all.html#content_page_2

³ <https://www.oculus.com/go/>

⁴ <https://www.vive.com/cn/product/vive-focus-en/>

⁵ <https://vr.google.com/daydream/standalonevr/>; <https://www3.lenovo.com/us/en/google-io/>



图 11. Oculus Go
来源: goo.gl/fYoruz



图 12. Vive Focus
来源: goo.gl/zSG992

以上四类产品按其生产厂家可以用一下图表归类:

表 1. 头戴式 (HMD) VR 主流产品一览表

主要厂家	基于游戏机的 (Game console based)	基于电脑主机的 (Computer based)	基于智能手机的 (Smartphone based)	一体机 (Standalone)
Google			<ul style="list-style-type: none"> • Google Cardboard(一代) • Google Daydream View(二代) 	Daydream standalone headset (即将发布)
Oculus (Facebook)		Oculus Rift	Gear VR (Samsung 和 Oculus 合作产品)	Oculus Go (预计 2018 年初发售)
Samsung				
HTC		HTC Vive (和 Valve 合作)		HTC Focus (预定在 2018 年 1 月出售)
Sony	Sony PlayStation VR			

3.3 虚拟现实内容制作和其他相关支持技术

选择 VR 设备时, 如同选择智能手机类似, 除了其硬件配置, 操作系统 (Android, iOS, Windows) 外, 一个很重要的要素是其所能支持的内容。基于 Windows 系统的手机一直销售不高的一个原因很大程度是因为基于 Windows 系统开发的 Apps 的数量和质量都落后于基于 Android 和 Apple iOS 系统开发的手机, 尽管有很多 Windows 系统的手机本身的硬件配置和软件都不错。

与之类似,一方面,VR设备本身的硬件和软件所能创造的沉浸感、交互性固然是越强越好,但是另一方面,用户买VR设备回家使用,在新鲜劲过后,更关注的还是支持该VR设备的平台能提供内容的数量和质量如何。比如用VR玩游戏,需要有很多针对VR开发的质量高的游戏。目前游戏是VR内容中发展最快的的一个方向(Sina VR, 2016)。HTC的Vive就是与著名的游戏公司Valve合作的产品,用户可以头上戴着Vive玩全球最大的电脑游戏发布平台[Steam](http://www.steam.com)上的游戏¹。而Oculus Rift的缘起则是其创始人时年18岁的Palmer Luckey在2011年用遍所有他能找到的VR设备玩游戏后,仍不满意才决定在网上发起众筹,自己动手造一个为自己和支持者可更好用的VR设备来玩游戏(Rubin, 2014)。而Oculus的首席技术官John Carmack则是游戏界传奇人物,也是著名的第一人称视角射击游戏(the First Person Shooting 简称FPS) Games的开创者。他1991年成立的id Software是整个3D游戏概念的创建者(Rubin, 2014; Webster, 2013)。2013他之所以离开自己创办并工作了20年的游戏软件公司加盟小小的Oculus公司,就是因为从中看到了VR技术给游戏界带来的新机会,想专心做VR方面的工作。值得指出的是他对Samsung Gear VR所用的Oculus软件也已做了诸多开创工作(Durbin, 2017)。《2016全球虚拟现实产业研究报告》中有机构预测,2020年全球VR游戏市场规模为150亿美元,约占VR行业总体市场规模的50%(Sina VR, 2016)。

除了游戏外,新闻报道也是目前VR内容的一部分。前文提到与Google VR合作的纽约时报专门有自己VR App和[VR网页](http://www.nytimes.com/marketing/nytvr/)²供用户利用VR眼镜来观看360度视角拍摄的新闻(Wohlsen, 2015)。用户可以对视频中的情景更有身临其境感,对新闻中的人物更易产生同理心,也对新闻本身会更感兴趣(New York Times Magazine, 2015; Renner, 2017)。戴若犁2016年在谈到VR用途时,除了游戏外,还提到了用于社交和直播。利用VR来拓展人们社交的空间和交流方式。这也正是当初Facebook购买Oculus的一大目的。Facebook在2017年已经尝试了在虚拟现实中进行约会(Swant, 2017)及谈话秀(Lichterman, 2017)。前文提到的[Google Expeditions](https://support.google.com/edu/expeditions/answer/6335093?hl=zh-Hans&ref_topic=6334250)(实境教学)与世界各地博物馆、科学技术、文化历史古迹等机构合作,已推出了近500多项实境教学场景³,是VR在教育、同时也可看作是在VR旅游方面的尝试。此外,虚拟现实技术在医疗、建筑、电子商务等领域的应用也已取得了一些进展,详见文章第四部分的讨论。

如《2016全球虚拟现实产业研究报告》及诸多业界人士指出,虚拟现实技术在内容方面还有巨大的发展空间。2017年7月,全球第一个虚拟现实技术内容制作中心在北京成立(Sina VR, 2017)。中国国家工业与信息化部电子信息司副司长乔跃山在成立大会指出,虚拟现实内容是产业发展的重要组成部分。除了以视频游戏娱乐为代表的虚拟现实应用外,还要同时加快开发面向生产制造、互动式授课教学、文物古迹再现、三维广告投放、电商在线展示、虚拟旅游、主题游乐园、赛事直播等行业应用的解决方案和创新产品(虚拟现实技术产业联盟, 2017)。

¹ http://store.steampowered.com/app/358040/HTC_Vive/

² <http://www.nytimes.com/marketing/nytvr/>

³ https://support.google.com/edu/expeditions/answer/6335093?hl=zh-Hans&ref_topic=6334250
<https://edu.google.com/expeditions/>

另外, 2014年由Mozilla公司(免费Firefox浏览器的开发者)的软件工程师Vladimir Vukićević和其几个同事提出, 之后得到Google和Microsoft等浏览器提供者支持的Web VR为虚拟现实的进一步发展和普及起到了极大的推动作用(Nikolaou, 2017)。Oculus的产品经理Andrew Mo在2016年Oculus Connect大会上介绍Web VR时说到, 跟庞大的30亿互联网用户群比起来, 拥有专门VR设备的用户数量还太少太少。Web VR可以让不具有任何VR设备的互联网用户也能在网上欣赏360度视频和虚拟现实的其他应用, 从而感觉VR离自己并不太遥远, 尽管其观看效果不及使用专门的VR设备。此外, 开放的Web VR技术, 还可让更多的软硬件技术人员和内容开发者参与到VR技术发展中来(Antonov & Mo, 2016)。Web VR网站<https://webvr.info/>的首页上写的一句简单解释就是“Bring VR to the Web”, 并且列出了所支持的几乎所有市场上的VR产品如Oculus Rift, HTC Vive, Samsung Gear VR, Google Cardboard, Daydream View等等。Nikolaou (2017)列出了基于Web VR巧妙应用的三个例子: Meditate VR, Blair Witch以及Google和Miraikan一起开发的The Searching Planet VR。

如同90年代初的虚拟现实的兴起归功于七、八十年代计算机以及其他相关技术的发展一样, 此次2014年开始的虚拟现实技术的再度兴起很大程度上要归功于互联网、智能手机、计算机芯片、图像处理等有关技术的长足发展。例如正是互联网让不到20岁默默无闻的Palmer Luckey和John Carmack建立了联系, 从而创造了被Facebook巨资收购的Oculus公司, 也是互联网帮助Palmer得到了众筹资助, 从而使其最初在父母车库里产生的制造Oculus Rift的想法一步步变成了现实, 创造出了全球有名的VR产品。

在VR相关支持技术中特别值得一提的是全景相机。全景相机(Omnidirectional Camera, 360° Camera), 又称全景多相机视觉系统, 其内部封装有多个不同朝向的光学传感器, 通过对分画面进行图像拼接操作得到全景效果。对于没有VR设备的用户, 可使用专用的发布软件在互联网上播放全景照片或全景视频, 浏览者可以获得360度的观看体验; 而配戴VR头戴式显示设备的用户观看时, 则可以获得身临其境的沉浸式视觉感受。

近几年随着价格较低的消费级全景相机大量开发并投放市场, 全景相机在普通消费者中的热度持续攀升。目前消费级的全景相机主要品牌包括: Facebook Surround 360、SAMSUNG Gear 360、Kodak 4KVR360等。其中成立于2014年总部在中国深圳的Insta360公司表现尤为突出。它同时提供Insta360 air (for Android)、Insta360 nano (for iOS)、Insta360 one (高阶产品, 支持iOS和Android系统的配置较高的手机和平板电脑)等支持各种系统的产品, 且价格实惠。全景相机使用有趣, 操作也并不复杂, 网上又有不少如何拍摄、编辑全景视频的软件和指南。另外随着Web VR技术的推广, 又有很多供用户分享全景视频的平台如Youtube VR、vimeo 360等。

普通用户自制的360视频, 虽然其质量参差不齐, 但一定程度上也有助于解决VR内容稀缺的状况, 并且有助于VR技术的普及和下一步的提高。另外, 从2016

年起, 随着消费级全景相机的出现, 虚拟现实直播平台也陆续推出。其中最早的一个平台是 2016 年 5 月由美国直播平台公司 Twitch 推出的 [Vreal](#) 虚拟现实直播平台 (Evangelho, 2016)。目前在中国境内的虚拟现实直播平台包括[虎牙直播](#)、[目睹科技](#)等。

最后, 还要指出的是面对时隔 20 年重新兴起的此次虚拟现实热, 虽然有人持质疑态度 (Economist, 2017; Leetaru, 2017), 特别是目前市场上的虚拟现实产品还有很多可改进的空间。上一次 VR 热潮中出现的问题——如 VR 图像在用户转动头部时会出现延迟, 用户戴上 VR 头盔不长时间后出现眩晕等——仍然不同程度的存在 (Strassel, 1997)。但这次的 VR 技术比 20 年前无疑有了质的提高, 并且有一点毋庸置疑, 那就是这次 VR 技术和产品比上一次有了更大的普及。比较 20 年前要花一万多美元的初级版的 Eye PhoneVR, 如今的 VR 产品真的从昔日王侯“庭前燕”, 飞到了寻常百姓家。

4. 虚拟现实技术在教育及其他领域的应用

4.1 虚拟现实技术在教育中的应用

从 20 世纪 90 年代起虚拟现实技术已在临床教学与驾驶培训等应用领域发挥作用 (Stevens, 1995; 郑艳群, 1999)。随着近几年移动端 VR 设备的普及以及 VR 教育类内容开发平台的兴起, 虚拟现实技术正在逐步走入中小学课堂, 走进大学校园, 帮助学生更快更好地掌握学习内容, 帮助教师实现一些传统课堂教学无法实现的目标。本文试将目前 VR 在教育领域的应用梳理为以下几类:

(1) “硬科学”教学

虚拟现实技术在教育领域很多早期的应用都集中在“硬科学(hard science)”学科 (Reede, 2016), 譬如生物、化学、地理、地质、天文等, 因为能够同虚拟的三维物体、动物、环境等进行互动, 可以极大地加强这些学科的学习体验和效果。特别是对一些日常生活中无法感知的微观世界和宏观世界的知识的学习, 比如有关微生物或者天体物理学的知识。

[Labster](#) 是一家 2012 年成立于丹麦的科技初创公司, 主要是与高等教育机构合作通过虚拟实验室帮助 STEM 专业的学生学习成为生物、化学和物理等学科的科学家所需要的核心实验技能。根据其官网数据¹, 其合作院校目前已达到 150 余家, 分布在全球各地。其中包括麻省理工学院、哈佛医学院、伦敦帝国学院和香港大学。Labster 目前提供 68 种模拟实验, 并通过情节化游戏化的挑战促进学生的参与, 涉及课题包括细胞培养、基因表达与调控、腐蚀性化学品的处理、蛋白结构合成和共焦显微镜的使用等等。下面是 Labster 开发的虚拟实验室的两张图片。

¹ <https://www.labster.com/>

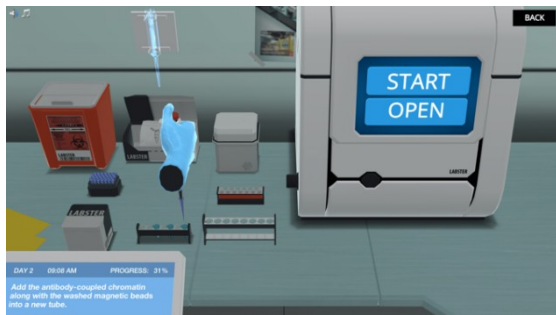


图 13. 基因工程实验
来源: goo.gl/bmmNRA



图 14. 蛋白质合成实验
来源: goo.gl/oT2xww

[zSpace](#) 则是一家 2007 年成立于硅谷的公司, 从底层的硬件和技术出发, 逐步形成了一整套利用 VR 进行教学的解决方案, 主要服务于中小学校 STEM 学科的教育。其核心产品由一台独立电脑和高保真 VR 显示器组成, 并配有提供人机交互的触控笔, 帮助学生操纵虚拟物体, 加强学习体验。与 Oculus、HTC 的头戴设备不同, Z-Space 的眼镜是 3D 电影眼镜的升级版, 佩戴较长时间也不会出现眩晕反应。其网站信息显示(zSpace, 2017), 目前 zSpace 开发的中小学教学内容包括欧几里德图形、代数几何、居里元素、牛顿力学公园、富兰克林实验室等等。据其官方网页显示¹, 截至 2016 年 4 月, zSpace 已经进入 4000 所美国普通中小学校, 并在 2017 年 5 月成立了中国分公司, 现已进入京沪广深多家学校。



图 15. 小学生利用 zSpace 产品学习青蛙解剖结构
来源: goo.gl/QpDLPf

捷克的开发人员早在 2014 年就实施了一个名为“World of Comenius”的项目 (Reede, 2016), 利用 Leap Motion 的手部跟踪技术和 Oculus Rift DK2 设备在捷克的公立学校进行互动式的生物内容教学。

(2) 医学和临床教学

虚拟现实技术已被用于医学院学生的人体解剖课教学和新手医生的手术培训。虚拟现实模拟学习是加州大学旧金山分校医学院 2016 年启动的“Bridges Curriculum”课程的一部分(Baker, 2017)。在该校解剖学助理教授 Derek Harmon 给医学院大一学生所上的解剖学课程中, 学生可以在 VR 模拟系统中从人体模特身上取下每一层结构来仔细研究和学习: 从表层皮肤到最深层的骨骼。虚拟现实界面可以让他们更好的



图 16. 利用 VR 教授解剖学
来源: goo.gl/Q8D7as

¹ <http://zspace.asia/edu>

理解皮肤、肌肉、器官、神经和血管之间的相互关系及相互作用。

Derek Harmon 表示, 虚拟现实对学生来说是一种激动人心的学习方式, 因为它非常有助于增强学生对身体结构的理解。对于这些未来医生来说, 对人体结构越了解, 未来的职业生涯发展就会越顺利。该校理疗和解剖学教授 Kimberly Topp 表示, 虚拟现实还可以模拟一些真实的医疗体验, 比如急诊医生可能会遇到的病人各种受伤的情况。而在传统的医学院本科阶段的教学中, 很难模拟真实的经历, 而虚拟现实让学生们在进入到实际临床环境之前就能有这些真实的体验, 是非常有助于学生们记住复杂的解剖学知识的新方法(Baker, 2017)。

传统手术培训往往需要依赖昂贵的人造人体部件, 而一些初创公司正在试图利用虚拟现实技术提供新的培训方式。据数字健康媒体 MobiHealthNews(2017)报道, 波士顿的 Osso VR 公司开发的软件可以在 Oculus Rift / Touch 或 HTC Vive 等 VR 平台上创建虚拟手术室, 医生可以在其中练习复杂手术和复杂医疗器械的操作。而位于芝加哥的 Level EX 公司则于 2016 年 10 月在苹果和安卓系统上推出了名为“Airway EX”的应用程序, 这是由开发人员和医生共同根据实际手术录像设计的模拟训练系统。该软件专门为麻醉医生、耳鼻喉科医生、重症监护专家, 急诊室医师和肺科医师而设计, 为他们提供了基于真实病患案例进行虚拟气道手术的机会, 这些虚拟气道手术细致到毛孔级别, 并多达到 18 道程序。



图 17. 医生在 Osso VR 虚拟手术室中练习器械操作

来源: goo.gl/QLJE91

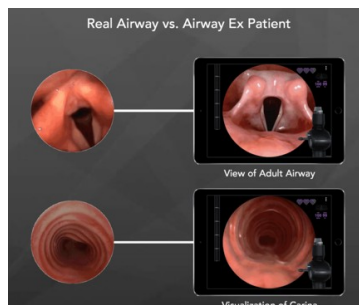


图 18. 真实气道和 Airway EX 中的气道对比图

来源: <https://www.level-ex.com>

此外, 虚拟现实技术还被应用于以下教育相关领域:

(1) 特殊教育: 波兰的 Silesian 科技大学和以色列海法大学分别都开发了 VR 学习系统, 设计了不同的日常生活场景来对自闭症儿童进行治疗, 他们可以在虚拟场景中练习并学习生活常识, 比如过马路、去超市购物等等 (Reede, 2016);

(2) 建筑和工程教学: 密苏里州的 Drury 大学已经开始采用虚拟现实设备进行建筑设计的教学 (Walsh, 2017)。而笔者之一所在的圣母大学的工程学院也已采用 VR 进行有关污水处理的教学;

3) 大学招生: 美国一些高校已经利用 VR 技术吸引生源, 提供虚拟校园参观, 并同增强现实技术结合 (Walsh, 2017)。比较受欢迎的此类平台包括 You Visit 和 Georama。

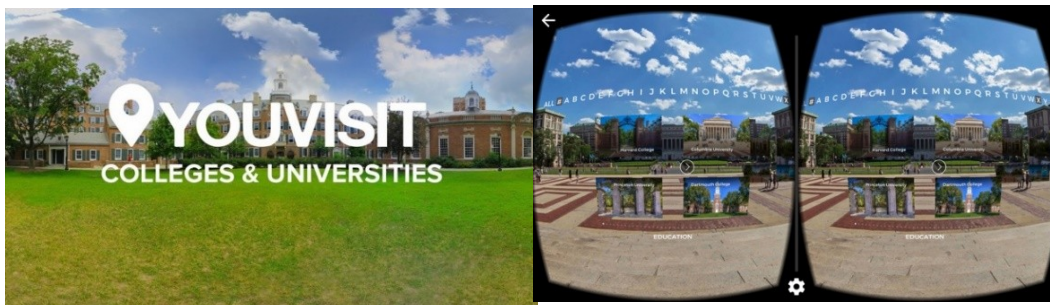


图 19 和图 20. You Visit 提供的 VR 校园参观体验
左图来源: goo.gl/MmYWkT 右图来源: goo.gl/2QxEfB

4.2 虚拟现实技术在其他领域的应用

随着虚拟现实产业近年来的发展, VR 的应用领域已从早期的军事训练、医疗健康 (如 PTSD 治疗)、游戏等传统 VR 应用领域迅速扩张到了教育、体育、影视娱乐、社交通讯、电子商务、工业制造、建筑与房地产、旅游、展览、博物馆等其他垂直领域。本文略去曝光度已经较高的 VR 游戏领域, 下面就与大众日常生活密切相关的若干 VR 应用领域略作说明。

(1) 医疗保健

医疗保健是虚拟现实的传统应用领域, 事实上 (Meyerbröker, 2010), VR 早已被证明有助于治疗疼痛、恐惧症 (phobia)、创伤后应激障碍 (PTSD)。美国著名数字健康媒体 MobiHealthNews 于 2017 年 6 月统计了虚拟现实技术在医疗行业应用的 15 个案例。其中包括疼痛管理、理疗、脑震荡评估、减压和看牙等。例如波士顿的 VR Physio 公司可以为患者提供可互动的沉浸式虚拟环境, 帮助他们进行理疗。患者需要手持虚拟的一把剑击中目标, 这项动作可以对他们进行肩膀运动的测试。同时, 患者可以在游戏中通过头部运动来控制手中的虚拟水枪, 以达到锻炼颈肩部的目的



图 21. VR Physio 公司利用 VR 游戏对患者进行理疗
来源: goo.gl/HDYJA

(2) 影视娱乐

近年来好莱坞和中国各大影视企业也纷纷在进行 VR 产业布局, 对 VR 影视内容、VR 主题公园等进行了开发。IMAX 于 2017 年初在洛杉矶开设了第一家 VR 中

心, 随后又迅速在纽约、多伦多和上海等城市增设了 VR 中心, 并在近期和华纳兄弟联手推出其最新影片《正义联盟》的 VR 体验 (映维网, 2017a)。

著名导演李安近期也在媒体采访中透露将在自己 2018 年新片《双子煞星》的拍摄制作中采用 VR 技术 (映维网, 2017b)。2018 年也是经典恐怖电影《活死人之夜》上映的 50 周年纪念, 洛杉矶 VR 制作公司 Supersphery 正在通过虚拟现实对其进行重拍 (映维网, 2017c)。Oculus 已推出了世界上第一部 VR 动画短片 Lost¹。



图 22. NBA 与 NextVR 合作推出的球赛直播
来源: goo.gl/97e5bd

尽管 VR 能带来观影时沉浸式的震撼体验, 不过也有 VR 专业人士表示传统电影产业在过去百余年里形成的一套完整的语言体系和大众的观影习惯未必能被 VR 电影简简单单地超越 (戴若犁, 2016)。同时 VR 交互电影本身也面临着诸多技术、拍摄水平和市场的瓶颈和门槛, 这些因素决定了 VR 电影在短期内不会成为主流。相反, 不少专业人士认为 VR 直播或将成为 VR 视频实现收费化和盈利的最快突破口 (戴若犁, 2016)。原因在于直播内容的制作门槛较低, 同时观众对直播的需求更为刚性。以明星演唱会、体育赛事、综艺节目为例, 能到现场的观众毕竟是少数, 一方面 VR 直播能提供现场感和沉浸感, 另一方面, 这些直播内容大多与明星相关, 而庞大的明星粉丝群更容易转化为 VR 直播的用户。

(3) 社交通讯

VR 社交具有很多自身优势, 一方面, 与传统网络社交媒体以及视频通话相比, 虚拟现实世界的临场感和沉浸感使用户在虚拟世界中的人际交流更加逼真, 更容易吸引用户持续使用, 其应用场景包括熟人之间的社交和异地亲人之间的联络等等; 另一方面, 同现实生活中的社交相比, VR 社交又能跨越时空, 随时随地进入虚拟场景, 同时虚拟化的人物、环境也有助于减轻社交焦虑和社交压力。此外, VR 社交的魅力还在于, 在虚拟场景中, 你可以同朋友一起创造真实生活中无法实现社交体验, 例如亲子可以一同去海底世界“旅游”, 历史爱好者们可以结伴去参观烧毁前的圆明园抑或是埃及金字塔的建造现场。



图 23. Facebook Spaces: Facebook 好友们在虚拟场景“Arctic Open”中一起聚会垂钓
来源: goo.gl/qwqayr

¹ <https://www.oculus.com/story-studio/films/lost/>

正是基于 VR 社交的这些优势, Facebook 非常重视打造的 VR 社交应用 Facebook Spaces。在 Facebook Spaces 中, 用户不仅可以同好友在虚拟场景中聊天、玩预先开发的游戏, 而且还可以自行进行 VR 活动的创作。Facebook 社交 VR 负责人 Rachel Franklin 在 OC4 上谈到, 希望把那些互相关心、互相有联系的人带入虚拟现实中, 并为他们提供有趣的活动、自行创造有意思的活动的工具。她表示 Facebook 正从以下三方面来实现这一目标: 即创建更多吸引人的活动 (engaging activities), 提供更多的沉浸式媒介 (immersive media), 并连接虚拟世界和现实世界 (connecting worlds) (Popper, 2017)。

目前较有影响的 VR 社交应用还包括 VR 社交先锋 Altspace(已被微软公司收购)、“第二人生”创始人 Philip Rosedale 重出“江湖”之作的 High Fidelity、由 HTC 领投的 VRChat、全球最大的电脑游戏发布平台 Steam 推出的 SteamVR Home, 此外还有 Rec Room(微软 HoloLens 项目前任经理为联合创始人)、VTime 等等。

(4) 电子商务

VR 购物技术利用虚拟现实技术生成具有交互性的虚拟三维购物环境, 它对产品的展示兼顾了网购和实体店购物的优势, 一方面, VR 购物跨越了时空限制, 可以是消费者随时随地浏览、挑选各类商品; 另一方面, 立体展示和虚拟试穿试戴的体验又近似去实体店购物。

2016 年 7 月, 淘宝在上海举办的“淘宝造物节”上首次展示了名为“Buy+”(中文谐音“败家”)的阿里 VR 购物技术, “Buy+”的宣传视频¹在网络上获得了现象级的传播。宜家、亚马逊、京东等众多商家也陆续尝试 VR 广告和 VR 购物技术, 不过目前该技术更多地还是起到了品牌宣传作用, 离消费者实际应用尚需时日(Ghoshal, 2017)。

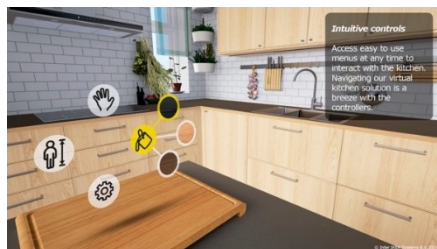


图 24. 宜家推出的 VR 购物体验
来源: goo.gl/96cvDh

著名公关公司 Walker Sands 的零售调查报告显示, 过半的受访者 (55%) 认为, VR 购物技术会影响他们的购物决定, 而 35% 的消费者更是表示, 若 VR 网购技术能提供可靠的虚拟试穿试戴功能, 他们将会网购更多的物品(Walker Sands Communications, 2016)。此外, 很多公司也正在尝试利用虚拟现实技术为购房购车的客户提供足不出户就能身临其境地进行网上看房、看车, 全方位地展示房屋或者车辆的结构、设计、布局、性能等特征。

¹ http://v.youku.com/v_show/id_XMTUxODc0NzE2MA==.html

5. 虚拟现实技术在语言教学中的应用

5.1 虚拟现实技术在语言教学中的应用方式及实例

目前虚拟现实技术可以通过两条路径应用于语言教学领域: 一是基于全景相机(输入端)和 VR 头戴式显示设备(输出端)构建的“虚拟现实课堂”, 通过录播或者直播向远程端学习者全方位地展示教学现场的实景; 二是通过 3D 建模或者全景相机拍摄来制作的语言学习产品。

5.1.1 虚拟现实课堂

本文第三作者提出应构建基于全景相机的汉语“虚拟现实课堂”, 并进行了初步的尝试。其基于全景相机的虚拟现实课堂分为教学现场端和远程学生端两个部分。使用的主要设备包括: 全景相机、VR 眼镜、iPhone、iPad、笔记本电脑, 录播和直播使用的设备略有区别。录播状态下, 只需在教学现场端设置一台全景相机, 将教学现场以全景视频记录下来, 通过网络传输到远程学生端, 学生使用一台安装了 VR 视频播放器的手机, 搭配虚拟现实眼镜进行播放, 即可获得沉浸式的学习感受。直播状态下, 为了实现教学现场端和远程学生端的互动, 应在全景录播设备基础上, 增加一台 iPad (教学现场) 和一台笔记本电脑 (远程学生), 用于语音交互和帮助教学现场获得远程学生的图像。直播时教学现场端和远程学生端的设备使用情况如下图所示:



图 25.和图 26. 教学现场端的设备使用情景

在全景录播和直播中, 远程学生端可通过佩带 VR 眼镜获得坐在教学现场特定位置(全景相机安置点)的全景感受, 并通过自由转动脖子获得教学现场任意方向的交互式图像, 通过佩戴耳机可获得现场的立体声效。



图 27. 远程学生端的设备

在测试过程中发现, 从教师的角度来看, 基于全景相机搭建的虚拟现实课堂硬件要求不高, 搭建成本较低, 搭建完成后, 多增加学生的边际成本为几乎为零; 从远程学生的角度来看, 新购置硬件设备成本很低, 沉浸式教学感受强烈, 视角仿佛坐在现场教室中间位置, 相比一般线上教学, 注意力能得到更长时间的保持。不足之处主要在于: VR 眼镜

搭配手机会有一定的“纱窗感”，长时间佩戴 VR 眼镜，眼睛会有一定程度的疲劳感；网络延迟影响互动效果，延迟最高时曾达到 3 分钟。

由于虚拟场景制作门槛和之前的虚拟现实硬件成本都比较高，虚拟现实技术在教学中的应用难以得到推广。但是随着技术发展，特别是近两年消费级全景相机被大规模推向市场，为虚拟现实技术在汉语课堂的广泛应用提供了可能。随着虚拟现实直播技术的发展和互动效果的不断增强，全景直播教学应当会获得越来越多的应用。

5.1.2 基于虚拟现实技术的语言学习产品

目前 VR 语言学习产品的开发途径主要有两种。第一种方式是制造和利用全景视频。虽然有些 VR 纯粹主义者(VR purists)认为全景视频不是真正的虚拟现实(Lloyd 等人,2017)，因为用户只能被动地观看预设好的情节和场景，然而全景视频在制作成本和制作难度方面则远远胜过利用 Unity 等平台搭建 3D 虚拟环境。其中比较有代表性的是上文中提到的谷歌应用“实境教学(Google Expeditions)”，它可以为外语学习者提供了很好的目的国文化体验。在手机上下载“实境教学(Expeditions)”应用后，教师可以把课堂变成一次虚拟“海外学习”，并且可以将自己设置成导游模式，带领学生在各自的 VR 眼镜中探索国外旅游和文化景点。下表就目前（2017 年 12 月）“实境教学(Expeditions)”中部分有关中国的内容进行了整理。

表 2. 实境教学(Expeditions)中部分有关中国城市和中国文化的教学内容

名称	主题	开发者	场景数	场景举例
The Great Wall of China	名胜古迹	AirPano	4	长城塔楼、司马台长城、古北口长城
Beijing	城市景点	AirPano	9	紫禁城、天安门、天坛、颐和园、北海公园、银河 SOHO(北京新地标)
Shanghai	城市景点	AirPano	6	上海外滩、陆家嘴、上海国际博览中心等
The Art of Yangzhou	城市文化	Google	5	汉广陵王墓、剪纸博物馆、个园竹林、个园假山、何园
Guilin, China	自然风光	AirPano	5	桂林山林、喀斯特地形、漓江、阳朔旧城、桂林的塔
Festivals Around the World	节日文化	Vida System	5	中国春节、印度排灯节(Diwali)、墨西哥亡灵节(Day of the Dead)等

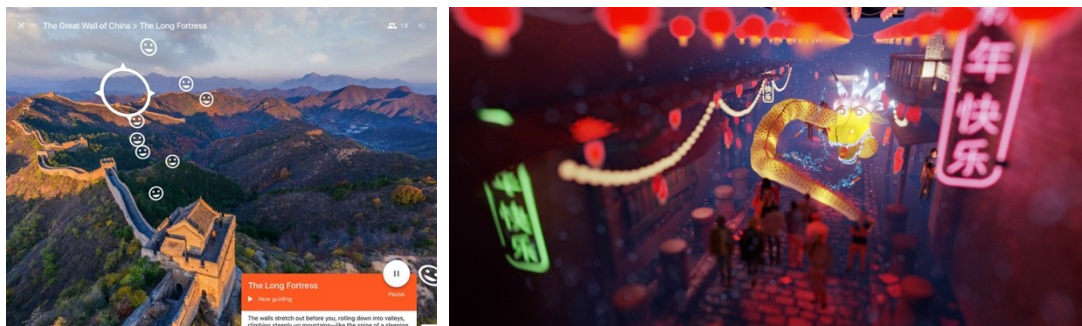


图 28 和图 29. Google“实境教学(Expeditions)”中的长城场景和春节场景

第二种方式需要通过 3D 编辑工具和 3D 引擎来编辑和加载虚拟现实语言游戏, 目前最流行的两大 VR 游戏开发平台是 Unity 和 Unreal, 它们都对开发者有较高的专业要求。而 Minecraft (一款译名为“我的世界”的沙盒游戏, 2016 年推出了虚拟现实版) 的游戏平台则允许非专业人士对游戏内容进行改编, 但是可改编的程度有限, 很难适应语言教学需要(Lloyd 等人, 2017)。Google 第一代的 Cardboard 平台和第二代的 Daydream 平台对虚拟现实的定义更为宽松, 为第三方开发者提供了更多样化的开源工具来开 Learn Immersive 中的学习场景发手机 VR 应用。下面就基于这种 3D 建模方式的三款 VR 语言学习应用进行介绍和评价:

第一款产品是 Tony Diepenbrock 通过众筹的方式于 2015 年在旧金山推出了名为“Learn Immersive”的 VR 语言学习系统, 目的语为法语, 可以对某些主题的词汇进行学习, 同时该系统提供的模版可以允许语言教师对软件中的提示信息进行编辑。总体而言, Learn Immersive 系统的开发并不算成功, 其场景数量和语言学习内容非常有限, 学习方式也基本上以理解性为主(interpretive), 最后该系统的开发由于资金原因已停止, 不过, Learn Immersive 的开发仍不失为一次具有开拓性的尝试。下面是 Learn Immersive 中学习场景的两个截图。



图 30. (左图) 为欢迎界面 图 31. (右图) 在餐厅学习有关词汇

第二款要介绍的产品由美国的游戏开发工作室 Fox3D 于 2015 年推出, 是基于移动端 Gear VR 平台的 VR 语言学习软件“House of Languages”, 可以在三星 Gear VR 和 Oculus 的软件商店里下载(Oculus, 2017), 目前可供学习的目的语包括英语、法语、德语、西班牙语和俄语五种。



该 VR 学习软件为单人线下游戏, 学习内容为十余种场景(例如学校、居所、机场、动物园等)中的卡通角色 来源: goo.gl/4JaNFj

常用词汇, 学习模式也是以理解性(interpretive)为主, 包括对虚拟场景中物品名称的视、听输入, 以及猜词义的测验(听词后利用 VR 设备选择场景中的正确物品), 同时也提供了简单的口头输入功能, 例如允许用户重复物品名称。



图 33. 学习者听词汇发音选对物品后的效果图 来源: goo.gl/R3G5qf



图 34 和图 35. House of Languages 中的不同场景
图 34(左)为动物园, 来源: goo.gl/hF4Xo1
图 34(右)为医院, 来源: goo.gl/ftsGo2

第三款介绍的产品由 ATi Studios 开发, 这是一家位于罗马尼亚专门开发语言学习手机应用的公司, 成立于 2013 年。2017 年 2 月该公司利用之前开发外语学习类手机应用的优势并整合虚拟现实技术, 推出了基于 Gear VR 平台的应用 Mondly VR, 2017 年 9 月又拓展到了 Google Cardboard 和 Daydream 平台。

笔者认为, 这是目前推出的 VR 语言学习软件中功能最为完备的一款, 目前支持 30 种语言的学习(包括中文)。此外, 其学习模式不仅包括理解性的听和读, 还利用语音识别技术提供了练习口语的功能。更为可贵的是, 其学习内容不局限于主题词汇, 而是真实语境中的对话练习, 例如火车认识新朋友、在宾馆前台登记、打车等等应用场景。总体而言, Mondly VR 的功能、用户体验和学习效果是目前 VR 语言学习产品中的佼佼者, 这得益于 ATi Studios 公司之前在开发 Mondly 系列外语学习软件的积累, Mondly 系列手机应用(主要是非 VR 的外语学习应用)曾获得 Facebook 发布的 2017 年“App of the Year”奖。但是于囿于目前 VR 技术水平, 特别是交互性, 其基于语音识别的对话练习功能的流畅度还急需提高。



图 36 和图 37. Mondly VR 中场景化的对话练习

图 36(左图)场景为火车上认识新朋友; 图 37(右图)为在饭馆点饮料

练习时, 学习者可以选择只是听虚拟人物说话, 还可以选择同时显示他们的台词的文本; 在回答时, 画面会显示文字和录音提示, 学习者说话后经过语音识别, 系统会予以反馈, 并进入后续情节。

5.2 在语言教学中应用虚拟现实技术的优势、挑战与展望

5.2.1 在语言教学中应用虚拟现实技术的优势

Dalgarno 和 Lee 在 2010 曾提出了虚拟环境在教学中的几大优势(他们使用了“功能可实现性”, 即“affordance”一词), 虽然他们当时所谈的优势是针对虚拟环境(例如“第二人生”游戏), 但是其中一些优势同样也适用于虚拟现实技术, 而 VR 技术所提供的交互性、感官沉浸式学习体验甚至可以在虚拟环境技术的基础上进一步强化这些优势。

(1) 现实世界中无法实施的任务: 在第二语言教学中受制于有限的课堂时间和班级规模, 学生在课堂上能获得当众演讲训练的机会往往很有限, 而通过虚拟现实技术则可以让每个学生获得更多的当众演讲的机会(Lloyd 等人,2017)。此外, 以 Google Expeditions(实境教学)为代表的虚拟“实地考察”也可以使第二语言学习者不用出国就能感受到目的语国家文化景点的魅力, 可以在传统的语言学习方式之外补充丰富多彩的体验。

(2) 提升学习动机与参与度: Benjamin Chang 等人(2012)指出高保真的视觉模拟效果、故事情节引人入胜的游戏化设计, 以及与虚拟环境之间的互动性均可加强二语学习者的学习动机和参与度。

(3) 在有效合作中学习: VR 技术同样也为合作性的语言学习任务提供了很好的设计平台, 例如不同学习者可以在 VR 游戏中通过语言交流共同完成一项游戏任务。

(4) 在语境中学习语言: 跟传统的课堂教学方式比, 虚拟现实技术可以模拟典型的语言应用情景, 无疑可以让学习者更好在典型语境中练习、习得 L2 语言能力, 特别是语用层面的语言能力。

Taguchi (2015) 指出, 虽然已有大量研究设计了各种教学方法和学习任务来教授 L2 的语用知识, 但是效果甚微。究其原因, 主要在于以下三个方面: 一是提供语用输入(pragmatic input, 包括 pragmalinguistic forms 和 contextual factors)的方式囿于书面或者录音的对话, 与真实语境的呈现方式相去甚远; 二是由于采用了显性的元语用解释方式(explicit metapragmatic explanations), 教学系统缺乏互动性, L2 学习者不能基于自己的语用选择来对输出的语言进行及时反思和调整; 三是前两个原因所导致的学生缺乏能动性(learner agency)。在很多教学设计中, 学习者变成了完完全全的观察者, 而不是第一视角的对话参与者。针对上述问题, Taguchi 和她的合作者(2017)进行了开创性的改进, 利用电脑辅助系统来让汉语学习者学习一些特定场景中的汉语习惯表达方式。他们对在上海拍摄的母语者真实对话视频进行

了加工处理,剔除了其中目标角色的语音,以便让学习者在练习时可以根据前一角色所说的话,在电脑上选取与语境最契合的汉语表达方式。该研究中学习者的学习测试结果和反馈数据均表明了该方法在利用语境教授汉语习惯表达方式上的有效性,但同时实验参与者也在反馈中指出了沉浸感不足的问题,特别是练习式的操作形式(多项选择和填空)和有限的互动性。笔者认为,随着虚拟现实技术的发展,特别是交互性的加强,VR技术恰恰可以很好地帮助克服上述沉浸感和互动性不足的问题,成为L2“语用”研究和教学的利器。

除了上述四点优势以外,基于虚拟现实技术的语言学习还有助于培养L2学习者的自信,特别是帮助一些学习者克服社交焦虑问题。Qu和其合作者(2015)通过实验考察了基于VR技术的虚拟英文课堂中,虚拟的“旁观者(bystanders)”的行为对被试的学习信念、自我效能和焦虑感的影响,结果发现,虚拟观众的正向反馈提升了被试学习者的自我效能感。由此可见,在虚拟现实课堂中虚拟听众反馈的可操纵性也许可以为一些易焦虑型的学习者提供了克服焦虑、培养自信的便利。

5.2.2 在语言教学中应用虚拟现实技术的挑战与展望

如上所述,虚拟现实技术的沉浸感、交互性使其在语言教学中的应用具有巨大的潜力,但是目前VR在语言教学中应用的广度和深度都很有限,这主要是受制于以下几个因素。一是VR设备目前普及范围有限,专业的主机端VR设备造价昂贵,便携性又较差,需要用数据线连接电脑主机;而价格低廉便于携带的手机VR设备的用户体验和功能又大打折扣。二是使用VR时的眩晕等健康问题还有待克服,很多VR头显(HMD)设备厂商在使用说明中也明确提到不允许幼童使用并建议每次配戴使用时间不宜过长。三是VR在应用于语言教学时虚拟场景中的图像保真度和交互水平还亟待提高,例如上述语言学习应用中的人物或卡通形象的逼真度特别是动态表情还差强人意,其中比较出色的也是唯一提供对话练习功能的应用Mondly VR的对话练习功能也被饱受用户诟病,很多购买者在应用商店的评价区留言称该软件时常对语音输入无法做出任何反应。Mori(2012)和Banos(1999)分别强调了在虚拟游戏中,虚拟人物的逼真度和人机互动性对用户接受虚拟人物度的程度和用户体验的重要影响,显然目前的VR语言学习体验的逼真度还并不能令人满意,然而这一问题的改进还需要依赖虚拟现实整体行业水平的提升,这无疑尚需时日。

根据VR技术现状与发展趋势,笔者认为,在未来一段时间,VR技术在语言学习上的应用将呈多元化发展,一方面从长期来看,利用Unity平台3D建模开发的应用,例如Mondly VR,会随着整体行业水平的提升而不断加强虚拟环境的逼真度和互动性,使得在虚拟现实中的语言练习逐渐更臻于真实体验,同时高端VR设备价格也会逐步下降;另一方面,在短期内,基于全景相机的VR技术应用,例如教学现场的全景直播和虚拟“实地考察”(如谷歌“实境教学”),因其成本和技术门槛更低,可能会更快更早地在语言教学中普及开来。

参考文献

- Antonov, M. & Mo, A. (2016). WebVR create portable VR experiences on the web. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=8BHOztuaj-4>
- Arthur, C. (2015). The return of virtual reality: 'this is as big an opportunity as the internet'. Retrieved from <https://www.theguardian.com/technology/2015/may/28/jonathan-waldern-return-virtual-reality-as-big-an-opportunity-as-internet>
- Baker, M. (2017). How VR is revolutionizing the way future doctors are learning about our bodies. Retrieved from <https://www.ucsf.edu/news/2017/09/408301/how-vr-revolutionizing-way-future-doctors-are-learning-about-our-bodies>
- Burton, R. (2012). Ivan Sutherland. Retrieved from http://amturing.acm.org/award_winners/sutherland_3467412.cfm
- Cellan-Jones, R. (2016). 2016: The year when VR goes from virtual to reality. Retrieved from <http://www.bbc.com/news/technology-35205783>
- Chang, B., Sheldon, L., Si M., & Hand, A. (2012). Foreign language learning in immersive virtual environments. *Proceedings Volume 8289, The Engineering Reality of Virtual Reality*. doi: 10.1117/12.909835
- Computer History Museum (2017). Timeline of computer history. Retrieved from <http://www.computerhistory.org/timeline/1983/>
- Crowley, J. S. (1987). Simulator sickness: A problem for army aviation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 58(4), 355-357.
- Dai, R. (2016). The beginning year of virtual reality. Retrieved from: <https://youtu.be/XQ4AwjY1ZB0> [戴若犁. (2016). 虚拟现实的元年. 源自 <https://youtu.be/XQ4AwjY1ZB0>]
- Dalgarno, B. & Lee M. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 18-23.
- Durbin, J. (2017). John Carmack's new software gives Gear VR's Oculus home a big resolution boost. Retrieved from <https://venturebeat.com/2017/04/02/john-carmacks-new-software-gives-gear-vrs-oculus-home-a-big-resolution-boost/>
- Economist (2010). The virtual curmudgeon. Retrieved from <http://www.economist.com/node/16909935#print>
- Economist (2017). Game over for virtual reality? Unimpressed, consumers embrace the relevance of augmented reality instead. Retrieved from <https://www.economist.com/news/science-and-technology/21731726-unimpressed-consumers-embrace-relevance-augmented-reality-instead-game>
- Evangelho, J. (2016). Virtual reality gets its own twitch: VREAL is world's first VR live streaming platform. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/jasonevangelho/2016/04/27/virtual-reality-gets-its-own-twitch-vreal-is-worlds-first-vr-live-streaming-platform/#20c738085caf>
- Facebook. (2014). Facebook to acquire Oculus. Retrieved from <https://newsroom.fb.com/news/2014/03/facebook-to-acquire-oculus/>
- Feltham, J. (2017). HTC's Vive focus standalone gets a release date and price for China. Retrieved from <https://uploadvr.com/htcs-vive-focus-standalone-gets-release-date-price-china/>

- Gaming historian (2014). Virtual boy. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=Jjz4bls_gPs
- Ghoshal, A. (2017). Here's why you aren't shopping in VR (yet). Retrieved from <https://thenextweb.com/virtual-reality/2017/08/16/heres-why-you-arent-shopping-in-vr-yet/>
- Gilbert, B. (2014). Samsung's virtual reality headset, Gear VR: what you need to know. Retrieved from <https://www.engadget.com/2014/12/08/samsung-gear-vr-launch-faq/>
- Hardawar, D. (2016a). HTC Vive review: Truly immersive VR comes at a cost. Retrieved from <https://www.engadget.com/2016/04/05/htc-vive-review/>
- Hardawar, D. (2016b). Google's Daydream View VR headset will get better with time. Retrieved from <https://www.engadget.com/2016/11/10/google-daydream-view-vr-review/>
- Harris, B. (2016). HDTGM: A conversation with Brett Leonard, Director of 'The Lawnmower Man'. Retrieved from <http://www.slashfilm.com/brett-leonard-interview-the-lawnmower-man/>
- Heilbrun, A. (1989). An interview with Jaron Lanier. *Whole Earth Review*, Fall 1989, 108-119. Retrieved from <http://www.jaronlanier.com/jaron%20whole%20earth%20review.pdf>
- History.com. (2011). Invention of the PC. Retrieved from <http://www.history.com/topics/inventions/invention-of-the-pc>
- IGI Consulting. (1992). Emerging market for virtual reality. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=RA63GwAACAA>
- iiMedia Research. (2016). 2016 H1 China Virtual Reality Industry Research Report. Retrieved from <http://www.iimedia.cn/14664986762966n751.pdf> [艾媒咨询. (2016). 上半年中国虚拟现实行业研究报告. 源自 <http://www.iimedia.cn/14664986762966n751.pdf>]
- Industry of Virtual Reality Alliance. (2017). Virtual Reality Content Production Center was established at Beijing. Retrieved from <http://www.ivra.com/content-18-114-1.html> [虚拟现实技术产业联盟. (2017). 虚拟现实内容制作中心在京成立. 源自 <http://www.ivra.com/content-18-114-1.html>]
- Kennedy, R. S., & Fowlkes, J. E. (1992). Simulator sickness is polygenic and polysymptomatic: Implications for research. *International Journal of Aviation Psychology*, 2(1), 23-38
- Kolasinski, E. (1995). Stimulator sickness in virtual environments. Retrieved from <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a295861.pdf>
- Lanier, J. (2017). Dawn of the new everything: Encounters with reality and virtual reality. New York, NY: Macmillan
- Leetaru, K. (2017). Why 2016 was not the year of virtual reality. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/kalevleetaru/2017/01/09/why-2016-was-not-the-year-of-virtual-reality/#6>
- Lichterman, J. (2017). Slate's first virtual-reality talk show was "a hilarious disaster". Retrieved from <http://www.niemanlab.org/2017/07/slates-first-virtual-reality-talk-show-was-a-hilarious-disaster/>
- Lloyd, A., Rogerson, S., & Stead, G. (2017). Imaging the potential for using virtual reality technologies in language learning. In M. Carrier, R. M. Damerow & K. M.

- Bailey (Eds.), *Digital language learning and teaching: Research, theory, and practice* (pp.222-234). New York, NY: Routledge.
- Lowensohn, J. (2014). Google's Cardboard turns your Android device into a VR headset. Retrieved from <https://www.theverge.com/2014/6/25/5842188/googles-cardboard-turns-your-android-device-into-a-vr-headset>
- Metz, C. (2015). The inside story of Google's bizarre plunge into VR. Retrieved from <https://www.wired.com/2015/06/inside-story-googles-unlikely-leap-cardboard-vr/>.
- Meyerbröcker, K., & Emmelkamp, P. (2010). Virtual reality exposure therapy in anxiety disorders: a systematic review of process-and-outcome studies. *Depression and Anxiety*, 27(10), 933-944.
- Miller, J. W., & Goodson, J. E. (1960). Motion sickness in a helicopter simulator. *Aerospace Medicine*, 31(3), 204-212.
- MobiHealthNews. (2017). 15 health and wellness use cases for virtual reality. Retrieved from <http://www.mobihealthnews.com/content/15-health-and-wellness-use-cases-virtual-reality>
- Morris, C. (2015). Is 2016 the Year of Virtual Reality?. Retrieved from <http://fortune.com/2015/12/04/2016-the-year-of-virtual-reality/>
- Musings of a Mario Minion. (2016). The company that brought VR to the masses... in 1991. Retrieved from <https://musingsofamariominion.com/2016/09/29/the-company-that-brought-vr-to-the-masses-in-1991/>
- National Public Radio. (2016). First Mention: Computer scientists develop 'virtual reality'. Retrieved from <https://www.npr.org/2016/04/04/473005022/first-mention-computer-scientists-develop-virtual-reality>
- Naval Air Station Fort Lauderdale Museum. (2010). The Link Trainer Flight Stimulator. Retrieved from <https://www.nasflmuseum.com/link-trainer.html>
- New York Times Magazine. (2015). NYT VR: How to experience a new form of storytelling from the times. Retrieved from <https://www.nytimes.com/2015/11/08/magazine/nyt-vr-how-to-experience-a-new-form-of-storytelling-from-the-times.html>
- Nikolaou, A. (2017). How WebVR might shape the future of virtual reality. Retrieved from <https://www.stereosense.com/blog/2017/06/webvrfutureofvr/reality>
- Parkin, S. (2014). Virtual Reality startups look back to the future. Retrieved from <https://www.technologyreview.com/s/525301/virtual-reality-startups-look-back-to-the-future/>
- Parkin, S. (2017). Dawn of the New Everything by Jaron Lanier review – Memoirs of a tech visionary. Retrieved from <https://www.theguardian.com/books/2017/nov/20/dawn-of-the-new-everything-jaron-lanier-review-virtual-reality-memoirs-tech-visionary>
- Popper, B. (2017). Facebook's head of social VR talks about the future. Retrieved from <https://www.theverge.com/2017/10/15/16478084/interview-rachel-franklin-spaces-social-vr-facebook>
- Qu, C., Ling, Y., Heynderickx, I., & Brinkman, W-P. (2015). Virtual bystanders in a language lesson: Examining the effect of social evaluation, vicarious experience, cognitive consistency and praising on students' beliefs, self-efficacy and anxiety in a virtual reality environment. *PLoS ONE* 10(4): e0125279. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125279>

- Reede, E., & Bailiff, L. (2016). When virtual reality meets education. Retrieved from <https://techcrunch.com/2016/01/23/when-virtual-reality-meets-education/>
- Renner, N. (2017). The media today: The rise of virtual reality journalism. Retrieved from https://www.cjr.org/tow_center/virtual-reality-journalism-media-today.php
- Rheingold, H. (1991). *Virtual reality*. New York, NY: Simon & Schuster.
- Robertson, A. (2015). Google has a new Cardboard headset, and it supports iPhones. Retrieved from <https://www.theverge.com/2015/5/28/8662873/google-cardboard-virtual-reality-io-2015>
- Robertson, A., & Miller, R. (2016). Daydream is Google's Android-powered VR platform. Retrieved from <https://www.theverge.com/2016/5/18/11683536/google-daydream-virtual-reality-announced-android-n-io-2016>
- Rubin, P. (2014). The inside story of oculus rift and how virtual reality became reality. Retrieved from <https://www.wired.com/2014/05/oculus-rift-4/#slide-1>
- Rubin, P. (2016). Review: Oculus Rift. Retrieved from <https://www.wired.com/2016/03/oculus-rift-review-virtual-reality/>
- Schnipper, M. (2016). Seeing is believing: The state of virtual reality. Retrieved from <https://www.theverge.com/a/virtual-reality/intro>
- Seppala, T. (2014). Cardboard' is Google's attempt at an inexpensive VR headset. Retrieved from <https://www.engadget.com/2014/06/25/google-vr-cardboard/>
- Sina VR. (2016). Official release of the report of research on global virtual reality industry. Retrieved from <http://vr.sina.com.cn/news/report/2016-08-24/doc-ifxvcsrm2406191.shtml> [新浪 VR. (2016). 《2016 全球虚拟现实产业研究报告》正式发布. 源自 <http://vr.sina.com.cn/news/report/2016-08-24/doc-ifxvcsrm2406191.shtml>]
- Sina VR. (2017). The world's first "Virtual Reality Content Production Center" was officially established. Retrieved from <http://vr.sina.com.cn/news/report/2017-07-20/doc-ifyihrmf3020000.shtml> [新浪 VR. (2017). 全球第一家“虚拟现实内容制作中心”正式成立. 源自 <http://vr.sina.com.cn/news/report/2017-07-20/doc-ifyihrmf3020000.shtml>]
- Singer, N. (2015). Google virtual-reality system aims to enliven education. Retrieved from https://www.nytimes.com/2015/09/29/technology/google-virtual-reality-system-aims-to-enliven-education.html?smid=tw-nytimetech&smtyp=cur&_r=1
- Snider, B. (1993). Jaron. Retrieved from <https://www.wired.com/1993/02/jaron/>
- Steinicke, F. (2016). *Being really virtual: Immersive natives and the future of virtual reality*. New York, NY: Springer.
- Stevens, J. E. (1995). The growing reality of virtual reality: A darling of the entertainment world breaks into science research and public education. *BioScience*, 45(7), 435–439.
- Strassel, K. (1997). Success has been virtual for many VR companies. Retrieved from <https://www.wsj.com/articles/SB858211304171708000>
- Swanson, J. (2016). 2016: The year of virtual reality. Retrieved from <http://knowledgeworks.org/worldoflearning/2016/05/virtual-reality-2016/>
- Swant, M. (2017). Condé Nast and Facebook are debuting a virtual-reality dating show: Will VR blind dates lead to real love? Retrieved from <http://www.adweek.com/digital/conde-nast-and-facebook-are-debuting-a-virtual-reality-dating-show/>

- Taguchi, N. (2015). Instructed pragmatics at a glance: Where instructional studies were, are, and should be going. *Language Teaching*, 48(1), 1-50.
- Taguchi, N., Li, Q., & Tang, X. (2017). Learning Chinese formulaic expressions in a scenario-based interactive environment. *Foreign Language Annals*, 50(4), 641-660.
- Tianjin Daily. (2016). Global VR Alliance is established. Retrieved from http://news.xinhuanet.com/science/2016-12/28/c_135937625.htm [天津日报. (2016). 全球 VR 联盟成立. 源自 http://news.xinhuanet.com/science/2016-12/28/c_135937625.htm]
- VR Roundtable. (2017). Virtually there: The history of virtual reality (documentary). Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=4BOwLCoBqCs>
- Virtual Reality Society. (2017). History of virtual reality. Retrieved from <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>
- Walker Sands Communications. (2016). Walker Sands future of retail 2016. Retrieved from <https://www.walkersands.com/images/files/image/pdf/Walker-Sands-2016-Future-of-Retail-Four-Key-Takeaways-for-Retailers-in-2016-and-Beyond-Whitepaper.pdf>
- Walsh, K. (2017). Real uses of virtual reality in education: How schools are using VR. Retrieved from <http://www.emergingedtech.com/2017/06/real-uses-of-virtual-reality-in-education-how-schools-are-using-vr/>
- Webster, A. (2013). 'Doom' at 20: John Carmack's hell spawn changed gaming forever. Retrieved from <https://www.theverge.com/2013/12/10/5195508/doom-20th-anniversary-retrospective>
- Wohlsen, M. (2015). Google Cardboard's New York Times experiment just hooked a generation on VR. Retrieved from <https://www.wired.com/2015/11/google-cardboards-new-york-times-experiment-just-hooked-a-generation-on-vr/>
- Xinhua Net. (2016). Industry of Virtual Reality Alliance is officially established. Retrieved from http://news.xinhuanet.com/itown/2016-09/29/c_135722671.htm [新华网. (2016). 虚拟现实产业联盟 (IVRA) 正式成立. 源自 http://news.xinhuanet.com/itown/2016-09/29/c_135722671.htm]
- Yivian.com. (2017a). IMAX and Warner Bros. jointly offer the "Justice League" VR experience. Retrieved from <https://yivian.com/news/38290.html> [映维网. (2017a). IMAX 和华纳兄弟联手推出《正义联盟》VR 体验. 源自 <https://yivian.com/news/38290.html>]
- Yivian.com. (2017b). Ang Lee will adopt VR technology in his new movie "Gemini". Retrieved from <https://yivian.com/news/38692.html> [映维网. (2017b). 李安将在新片《双子煞星》中采用 VR 技术. 源自 <https://yivian.com/news/38692.html>]
- Yivian.com. (2017c). The 50 years-old classic horror movie "Dead Night" will take the VR version. Retrieved from <https://yivian.com/news/39096.html> [映维网. (2017c). 50 年经典, 恐怖电影《活死人之夜》将拍 VR 版. 源自 <https://yivian.com/news/39096.html>]
- Zhao, Q. (2015). Virtual reality technology and its development history. Retrieved from http://news.xinhuanet.com/science/2015-09/08/c_134602817.htm [赵沁平. (2015). 虚拟现实技术及其发展简史. 源自 http://news.xinhuanet.com/science/2015-09/08/c_134602817.htm]

- Zheng, Y. (1999). Virtual reality technology and language teaching environments. *Chinese Teaching in the World*, 48(2), 3-6. [郑艳群.(1999). 虚拟现实技术和语言教学环境. *世界汉语教学*, 48(2), 3-6.]
- Zimmermann, K. (2017). History of computers: A brief timeline. Retrieved from <https://www.livescience.com/20718-computer-history.html>