

# 虚拟现实硬件产业的发展

范丽亚<sup>1</sup>, 马介渊<sup>2\*</sup>, 张克发<sup>3</sup>, 缪相林<sup>1</sup>

1. 西安交通大学城市学院, 西安 710018
2. 西安联创生物医药孵化器有限公司, 西安 710077
3. 西安象呈网络科技有限公司, 西安 710079

**摘要** 虚拟现实硬件行业的发展经历了由概念产品逐步向消费级产品演进的过程。目前, 眩晕感、便携性和交互性3大难题, 是影响虚拟现实硬件产品普及的主要因素。从硬件形态、技术路线、解决方案等方向切入, 对虚拟现实硬件产业上、中、下游即零部件供应商、设备生产商和设备渠道商3个部分的发展现状进行了研究。分析了造成硬件产业3大难题的根本原因, 给出了需要突破的技术标准, 并展望了虚拟现实硬件产业未来的发展方向。

**关键词** 虚拟现实; 硬件产业; 技术标准

虚拟现实(virtual reality, VR), 指利用计算机技术模拟产生一个为用户提供视觉、听觉、触觉等感官模拟的三度空间虚拟世界, 用户借助特殊的输入/输出(input/output, I/O)设备, 与虚拟世界进行自然的交互<sup>[1]</sup>。增强现实(augmented reality, AR), 指将计算机生成的虚拟物体或其他信息叠加到真实场景中, 从而实现现实的“增强”效果。VR强调虚拟世界给人的沉浸感, 人能以自然方式与虚拟世界中的对象进行交互操作。AR则强调在真实场景中融入计算机生成的虚拟信息, 并不隔断观察者与真实世界之间的联系<sup>[2]</sup>。因此, 不管是VR还是AR, 都是指利用计算机及人机交互技术, 将用户引入兼具沉浸、互动与想象的虚拟世界。增强现实又是虚拟现实技术的一个重要分支, 因此, 本研究将AR技术与VR技术统称为VR技术, 文中不予以区分。

用户与虚拟事物交互过程中, 硬件设备是必备基础。在对VR硬件产业发展现状研究的基础上, 主要从眩晕感、便携性和交互性3个方面分析了VR硬件产业

发展要解决的关键技术问题, 对VR硬件产业的未来做出了展望。

## 1 虚拟现实硬件产业发展现状

虚拟现实硬件产业指虚拟现实技术应用领域相关的硬件产品、硬件生产厂商及渠道商的总称。本研究分别从VR硬件产业的零部件供应商(上游)、设备生产商(中游)和设备渠道商(下游)3个部分对VR硬件产业的现状进行研究, 如图1所示。

### 1.1 VR零部件供应商

VR硬件产业链的上游指VR零部件供应商。随着规模经济和模块化生产趋势的发展, VR零部件的生产日益精细化和专业化。VR零部件目前主要包括处理器芯片、显示屏、摄像头、传感器、微投影器件等。处理器芯片是VR设备中保证计算能力的主要部件。由于对图形的处理要求较高, VR设备通常由性能较高的

收稿日期: 2018-07-20; 修回日期: 2018-11-26

基金项目: 陕西省教育厅科学研究计划项目(18JK1029)

作者简介: 范丽亚, 讲师, 研究方向为VR/AR技术及其产学研合作, 电子信箱 lidiaisfly@163.com; 马介渊(通信作者), 工程师, 研究方向为VR/AR产学研合作, 电子信箱: majieyuan@163.com

引用格式: 范丽亚, 马介渊, 张克发, 等. 虚拟现实硬件产业的发展[J]. 科技导报, 2019, 37(5): 81-88; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2019.05.011

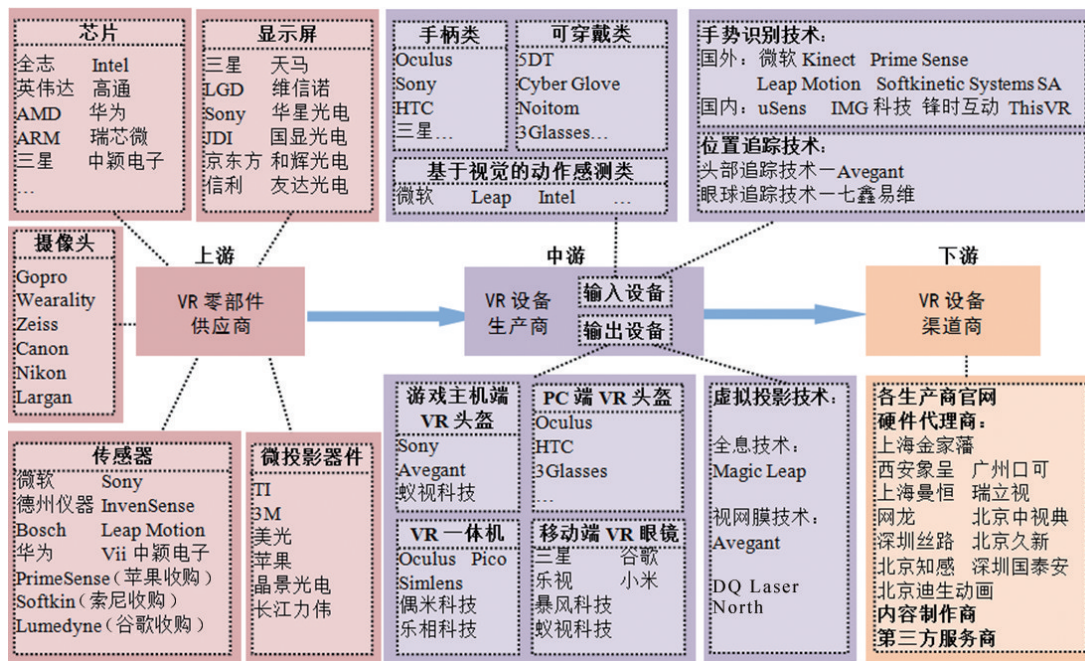


图1 虚拟现实硬件产业链图

Fig. 1 Virtual reality hardware industrial chain

CPU和GPU处理器芯片组成,主要制造商有英伟达、AMD等。显示屏是VR设备信息输出的主要部件,大多数VR设备都拥有一块或两块屏幕。对于分离式VR设备,其屏幕多采用OLED或AMOLED技术,而VR一体机设备则多采用微投影器件<sup>[9]</sup>。显示屏主要制造商有三星、LGD等。微投影器件主要制造商有德州仪器TI、3M、苹果等。摄像头在VR设备中主要用于动作捕捉、手势识别等信息输入,主要制造商有佳能、尼康等。传感器是实现VR设备中人机交互功能的核心零部件,可以内置到VR设备中,也可以作为外设。如果传感器的精度和实时性不够,会使用户产生“眩晕”的不适感。传感器主要制造商有微软、德州仪器TI、索尼、华为等。

## 1.2 VR设备生产商

VR硬件产业链的中游指VR设备生产商。VR设备包括输入和输出设备2部分。

### 1.2.1 输入设备

传统的输入设备如鼠标、键盘等,需要用户主动进行输入。而VR输入设备可通过语音操控、体感控制、空间定位、手势识别、眼球追踪、甚至脑电波控制等技术,实现更智能、自然的用户知觉和感觉捕捉输入。目前VR输入设备主要包括手柄类、可穿戴类和基于计算机视觉的动作感测设备3种。

#### 1) 手柄类输入设备。

目前,多数VR头盔仍采用的是手柄设备,主要包括传统游戏手柄和动作感应VR手柄两大类。传统游戏手柄以按钮、摇杆、触板进行操作,如Oculus为Oculus Rift配备的Xbox one手柄,索尼的PlayStation VR手柄。该类输入设备结构简单、操作方便,但对手部关节的精细动作无法精准定位,易受周围环境磁场影响而产生动作失真<sup>[4]</sup>。动作感应VR手柄主要通过惯性传感系统加上光学追踪系统或磁场感应实现动作跟踪,如Oculus的VR体感控制器Oculus Touch手柄,HTC的HTC Vive手柄及三星的Gear VR无线手柄控制器Rink等。该类设备目前尚存在感应范围限制、感应精度不足等问题,还不能完美地实现人机之间的自然互动。

#### 2) 可穿戴VR输入设备。

可穿戴VR输入设备主要包括数据手套和全身动作捕捉系统2类。

(1) 数据手套。数据手套是典型的可穿戴VR输入设备。数据手套中装有许多光纤传感器,不仅能感知手指关节的弯曲状态,将操作者手势的状态信息传递给虚拟环境,还能把虚拟手与虚拟物体的接触信息反馈给操作者,实现更具沉浸感的“触觉”虚拟真实环境<sup>[4]</sup>。代表产品有5DT公司的5DT Data Glove Ultra、Cy-

ber Glove 系统公司的 Cyber Glove 系列和萨特系列数据手套等。该类输入设备使用简单、输入数据量小、速度快,可直接获得手在空间的三维信息和手指的运动信息,可识别的手势种类多,能够进行实时地识别。但也存在追踪范围有限、缺乏反馈、操作易疲劳等问题。由于技术及材料因素,该类产品价格相对来说较贵<sup>[5]</sup>。

(2) 全身动作捕捉系统。将动作感应设备扩展至头、手臂、腰、腿、脚等多个部位,穿戴相应的感应装置,就构成了全身动作捕捉系统。这类设备主要靠传感器、惯性捕捉等技术完成对人体动作的捕捉。但装备复杂,穿戴后给肢体动作带来不便,而且须配合位置跟踪器使用<sup>[6]</sup>。代表产品是 Noitom(诺亦腾)的全身无线动作捕捉系统。该类设备输入数据量小、速度快,通常使用位置追踪技术获取人体部位的运动或位置信息。有基于头部和眼球的位置追踪 2 种技术。

基于头部的追踪技术包括基于运动方向的头部追踪技术和位置追踪技术。前者只能检测用户头部转动的方向,代表产品是 Avegant 公司的 MOPS VR 眼镜 Avegant、3Glasses 公司的 3Glasses Blubur。后者除了能追踪头部转动的方向,还能追踪 VR 头盔的位置变化及其与身体运动之间的关系,代表产品是蚁视二代 VR 头盔。

眼球追踪主要是研究并获取眼球运动信息实现对设备或屏幕的操控。获取眼球运动信息的设备可以是红外设备、图像采集设备、计算机或手机上的摄像头。代表产品是七鑫易维公司为 HTC Focus VR 一体机提供的眼球追踪技术解决方案和日本的 FOVE 公司。

可穿戴 VR 设备价格相对较贵,不适用于普通的消费者。主要应用于机器人系统、操作外科手术、虚拟装配训练、手语识别系统、教育娱乐等领域<sup>[5]</sup>。

3) 基于计算机视觉的动作感测设备。该类设备利用外设摄像头、红外光采集图像,建立手势模型,实现对用户动作的感测捕捉。目前有 3 款代表性产品:微软公司的 Kinect、Leap 公司的 Leap Motion 和英特尔公司的 Real Sense 手势识别设备。

该类设备对用户手势的输入限制较小,可实现更加自然的人机交互。但对手部正反判定较困难,易误判;受光的影响较大,包括室外可见光、激光相机发出的激光等,识别范围有限;对障碍的容忍度较低,双手叠交的识别判定有误。因此该类设备的识别效率比数据手套低<sup>[5]</sup>。

从技术角度讲,数据手套和基于计算机视觉的动

作感测设备都是采用手势识别技术。手势识别技术的硬件基础是深度摄像头,目前国内外厂商主要采用的是结构光、双目成像和光飞时间(TOF)3种技术方案。结构光的典型代表是 Prime Sense 公司的 Kinect 一代;双目成像的代表是 Leap Motion;而被索尼收购的比利时公司 Softkinetic Systems SA 和中国的凌感科技(uSens)则是 TOF 技术的代表。整体来看,国内外的手势识别公司并不多,大部分是成立不久的创业公司,但发展势头良好。国外代表性企业有美国的 Leap、以色列的 EyeSight Technologies、以色列的 Prime Sense(苹果公司收购)和比利时的 Softkinetic Systems SA。国内代表性企业有凌感科技、锋时互动、英梅吉科技(IMG 科技)和极鱼科技(ThisVR)<sup>[7]</sup>。

因此,VR 输入设备目前还处于发展的初期阶段,虽然部分技术厂商实现了一定范围内的空间定位、动作布置、手势识别等,但由于技术不够成熟、成本高,多数还停留在实验阶段,没有真正投诸消费市场。

### 1.2.2 输出设备

VR 输出设备是虚拟影像的显示设备,是通过光学系统展现沉浸效果的重要设备,目前有头盔显示器和虚拟投影设备 2 种类型。

1) 头盔显示器。头盔显示器(head mounted display, HMD),是指通过近眼接触与特殊成像方式,营造一个虚拟的视觉空间,以实现虚拟现实所带来的沉浸感。HMD 可分为 PC 端 VR 头盔、游戏主机端 VR 头盔、移动端 VR 眼镜和 VR 一体机 4 种类型。

(1) PC 端 VR 头盔。PC 端 VR 头盔是以外接个人计算机(PC)为运行系统的 VR 显示头盔。代表产品:Oculus Rift、HTC Vive、3Glasses、蚁视头盔等。该类设备体验度好,算法复杂,涉及到光学、仿真、传感、人机交互等多种技术,具备较高的技术壁垒,发展得相对最成熟,目前在 VR 市场上占据主流地位。受制于 PC 机,该类设备使用场景主要限制在室内,便携性较差。

(2) 游戏主机端 VR 头盔。游戏主机端 VR 头盔是以游戏主机为运行系统的 VR 显示头盔。这类设备具有独立的 VR 屏幕,是各大 VR 巨头集中布局的领域,国外厂商主要有 Oculus、HTC、索尼,国内厂商主要有 3Glasses、Avegant 和蚁视科技。该类设备性能较成熟,可与 PC 端 VR 设备相媲美,但通常只兼容特定游戏主机。

(3) 移动端 VR 眼镜。移动端 VR 眼镜是以智能手机为运行系统的显示设备,又称为眼镜盒子<sup>[8]</sup>。此类设

备是将手机放入HMD设备中,手机同时承担了算法单元、内容输出单元和显像单元的功能。代表产品是Google公司的Cardboard。目前国内的VR厂商主要集中在这类产品上,包括暴风科技、蚁视科技、乐视、小米等。该类设备结构最简单、便携性最高、价格最低、技术壁垒最低。由于该类设备是通过凸透镜给两眼造成视差实现伪3D效果体验,未实现真正意义上的交互和沉浸感,因此体验效果相对较差,若没有强大的内容支撑,发展空间不大。

(4) VR一体机。VR一体机是指将数据运算主体和显示主体集成,不需外接设备的VR独立平台。该类设备对厂商的设计、技术能力等都有较高要求。2018年之前,一体机的市场并不好,涉及这一领域的主要是一些创新公司如Simlens、偶米科技、乐相科技等。2018年VR一体机的销量一路飙升,第一季度全球出货量达到11.5万台,同比增长234%。第二季度出货量达到21.1万台,同比增长417.7%<sup>[9]</sup>。老牌厂商和大的VR设备生产商也纷纷推出一体机产品,例如Oculus联手小米在国内推出小米VR一体机,老牌厂商Pico发布千元机Pico G2,VR一体机的市场竞争越来越激烈<sup>[10]</sup>。

#### 2) 虚拟投影设备。

虚拟投影设备是指使用光场成像技术展现沉浸效果的设备,是视觉表现的主要方式,也是目前VR各项技术中最成熟的一项<sup>[8]</sup>。视觉表现技术的主要路径包括平面显示技术和光场成像技术2种,而光场成像技术又可分为全息技术和视网膜投影技术2类。

全息技术是利用干涉和衍射原理记录并再现真实物体的三维图像技术。使用该类技术的典型代表是Magic Leap公司。视网膜投影技术更加先进,不需要任何显示屏,直接在视网膜上扫描,使人感觉到一幅逼真的外部图像。典型代表是Avegant Glyph VR眼镜、日本激光半导体厂商QD Laser的AR眼镜RETISSA Display和加拿大初创公司North的AR智能眼镜North Focals。视网膜投影技术目前还不成熟,成本较高。但随着技术不断进步,视网膜投影技术的成本有望逐步下降。低延时、便携、显示效果好的优势将更多地发挥出来,代表未来的发展方向<sup>[8]</sup>。

### 1.3 VR设备渠道商

VR设备目前的销售渠道主要有:各生产商官网、VR设备代理商、内容制作商和第三方服务商。目前生产商官网和设备代理商是VR设备销售的主要渠道。

2018年第一季度全球头戴显示设备销量达到65万台,比2017年同期增长16%。同期仅VR一体机设备在中国的销量就达到了9.4万台,占全球VR一体机销量的82%<sup>[9]</sup>。因此,中国的VR设备渠道在全球占据重要地位。目前中国VR设备代理商主要有:西安象呈、上海金家藩、广州口可、上海曼恒、北京市中视典、网龙、深圳丝路、瑞立视、北京迪生、深圳国泰安、北京久新、北京知感等十几家。随着VR产业的不断成熟,销售渠道也会越来越完善。

综上,从VR硬件产业链来看,输入和输出设备领域都已经涌现出实力强劲的厂商<sup>[11]</sup>。国外互联网巨头抢占先机,呈现出HTC Vive、Oculus Rift和PlayStation VR三雄争霸局面。国内垂直厂商异军突起,以乐相科技、暴风科技、蚁视科技、乐视、诺亦腾等为代表。巨头和厂商纷纷从硬件设备尤其是头戴显示设备开始切入VR市场,主要原因是硬件设备是实现VR体验的基础;再则,硬件本身具备较大的市场空间,可以最大程度吸引用户<sup>[12]</sup>。

## 2 虚拟现实硬件行业发展展望

VR要普及,在硬件方面尚待克服的难题主要在眩晕感、便携性和交互性3个方面。

### 2.1 眩晕感

VR设备目前最需解决的问题就是用户易产生眩晕的不适感,它被认为是VR走向主流的最大障碍,原因主要有下列3点。

1) 用户通过VR设备看到的画面与大脑感知画面不一致而造成的“晕动症”。

例如使用VR设备体验“虚拟过山车”游戏时,眼睛看到的画面在快速变化,而人的身体却是静止的。眼睛看到的画面与前庭系统检测到的不一致时,大脑所接收到的混乱信号就会导致眩晕。针对这种眩晕,目前主要有2种解决方案:第一,在VR内容中作适当的处理,降低晕动症的发生,当用户的视角需要在虚拟空间中移动时,在瞬移之前让画面变暗,位置移动完成后再将画面恢复到正常状态,这种方法可以极大程度的降低晕动症的发生,以后很长一段时间内将成为内容降低眩晕而常使用的方法;第二,通过其他硬件来弥补这种不一致情况,例如HTC Vive允许用户在4.5 m×4.5 m的范围内移动,HoloLens和Magic Leap采用Inside-Out

追踪方案让用户自由行走,以及类似于万向跑步机等辅助设备让用户的动作和头显中看到的动作保持一致。但这种方法在便携性上又有所降低。

2) 头显设备屏幕的硬件指标不够从而影响用户体验的舒适度。

这些硬件指标主要包括屏幕分辨率、刷新率、视场角等。

(1) 屏幕分辨率。屏幕的分辨率太低,会影响用户观看的清晰度,长时间的体验会让用户产生不适感。目前市场上主要的VR设备屏幕参数指标如表1所示,画面清晰度均达到了较高水准,最高分辨率达到3K (HTC Vive Pro)。但是一些中低端一体机在这方面需要继续提升。

表1 VR设备屏幕的参数指标  
Table 1 Parameters of VR device screen

VR设备	单眼分辨率/像素	组合分辨率/像素	屏幕	刷新率/Hz	视场角/(°)
HTC Vive	1080×1200	2160×1200	双 AMOLED	90	110
HTC Vive Pro	1440×1600	2880×1600	双 AMOLED	90	110
HTC Vive Focus 一体机	1440×1600	2880×1600	双 AMOLED	75	110
Oculus Rift	1080×1200	2160×1200	双 OLED	90	90
Oculus Go 一体机	1280×1440	2560×1440	LCD 液晶屏	60~70	103
PlayStation VR	960×1080	1920×1080	双 OLED	120	100

(2) 屏幕刷新率。屏幕刷新率也是影响用户体验舒适度的关键因素之一。理想的刷新率应在90~120 Hz或以上,目前市场上的一体机均没有达到这一标准。屏幕刷新率的降低会增强画面显示上的延迟,若画面延迟较高,则可能会发生画面闪烁、重影、余晖等现象,这些也是造成眩晕感的主要原因。

从硬件上说,屏幕刷新率与显示屏技术直接相关。不同显示屏技术的响应速度不同,VR设备屏幕显示技术目前主要有TFT-LCD技术,OLED技术和AMOLED技术3种<sup>[3]</sup>。前2种技术的响应速度在毫秒级别,而AMOLED可以实现微秒级别响应速度,并且AMOLED每个像素都是主动发光的,可以做到低余晖,因此,AMOLED显示屏是解决显示延时的重要途径,并且具备轻便的特点,在VR领域更有发展前景。

目前绝大多数VR显示设备的屏幕都是由日韩面板厂商提供,随着中国面板厂商加快VR市场布局,这种状况将发生改变。这些年,中国京东方、天马、维信诺、和辉等面板厂商已经在AMOLED生产线领域进行投资。

除显示屏技术外,画面刷新率还受制于处理器芯片的算力,故CPU和GPU技术的发展也至关重要,甚至需要专门针对VR相关设备定制芯片。例如微软为旗下设备HoloLens研发了全系处理单元(HPU),被称为是世界上首台独立的全息计算机设备。

3) 软件内容的设计也会影响用户体验的舒适度。

例如三维数据精度较低,画面比例不协调,场景中物体大小与用户认知严重不符,甚至交互设计不合理等,都可能引起用户眩晕。因此,在虚拟现实内容设计上,也需要做更多的尝试和改进。

## 2.2 便携性

VR设备的普及必须建立在便携性的基础上,便携性的主要影响因素有设备质量、体积以及设备搭建复杂度。

1) 设备质量。质量会直接影响VR设备的普及和体验。理想情况下,VR眼镜与普通眼镜质量相同时,才能给用户最好的体验。生活中普通眼镜的质量大约在20~40 g之间,而目前大部分主流的VR眼镜距离理想的质量还有较大的差距(表2)。由于技术限制,短期内很难让眼镜的质量最大限度的降低。而Magic Leap是通过将计算处理单元(Lightpack)与显示部分(Light-

表2 VR设备的质量参数  
Table 2 Weight parameters of VR equipment

VR设备	质量/g
HTC Vive Pro	468
HoloLens	579
Oculus Rift	470
Oculus Go 一体机	468
Magic Leap (Lightwear)	360

wear)分离,有效降低了眼镜的质量,比同类产品 HoloLens 的质量轻 219 g。这种分体式设计方案,相信在会未来几年占据主流。

2) 体积。一般情况下,设备的体积与质量呈正相关,而体积越大,便携性越差。HTC Vive 虚拟现实设备除头显外,还有定位器、手柄控制器及计算机主机,携带较为困难。因此,对于消费者,VR 一体机的设备形态必然会未来的主流设备,例如 Google 的 Daydream 系列,Oculus Go,HTC Vive Focus 等。

3) 设备搭建复杂度。VR 硬件的普及不仅针对企业用户,还有大众消费者。对消费者,快速上手使用是选择 VR 设备的重要标准。例如 HTC Vive 和 Oculus Rift 的搭建过程比较繁琐,主要是由 Outside-In(由外向内)定位方式产生的,像 HoloLens 这种 Inside-Out(由内向外)的定位方式才是更加符合大众市场需求的解决方案。

### 2.3 交互性

交互性是虚拟现实最重要的特点之一。用户体验的便捷性主要由交互方式决定。目前 VR 设备的交互方式主要有基于眼睛、声音、身体的 3 种交互。

1) 基于眼睛的交互。主要指凝视输入(gaze),是基于眼球追踪的输入方式,是一种自然化的交互方式,目前几乎所有 VR 设备均支持这种输入方式。未来的 VR 设备必然需要支持眼球追踪来更加真实的模拟人眼的观看方式。

2) 基于声音的交互。即语音输入,主要通过语音识别算法进行实现,这部分随着人工智能的发展,也将会更加普及。

3) 基于身体的交互。最常见的是手势输入。目前更普遍的方式是通过手柄控制器进行输入,例如 HTC Vive 的 6-Dof 控制器。更加精确的方式是数据手套,例如 5DT 数据手套。无论手柄,还是手套,都需用户额外佩戴。因此,将手势识别算法集成到头显上,通过头显上的摄像头捕捉手势,将会是未来发展的方向。

综上所述,VR 设备整体朝着体积小、质量轻、移动化的方向发展,这必然会带来无线数据传输、GPU 性能的考验。无线传输分为 2 种:一种是简单的将数据计算单元和头显之间的连线去掉,加入无线模组。例如 HTC Vive 与 TPCAST 合作研发的无线升级套件,可传输分辨率为 2K 的视频,传输延迟在 2 ms 内。从目前市场反馈来看,这种方式并没有获得较大的产品销售量,主

要是其成本较高,并且视频分辨率和刷新率(90 Hz)也有限。第二种无线传输方式是将所有的数据存储和计算交给服务端处理,头显只负责接收数据和渲染画面。这种传输方式随着 5G 技术的发展,必然会极大的推进 VR 的普及<sup>[15]</sup>。2018 年 4 月,中国联通、移动、电信 3 大运营商在杭州、上海、广州、苏州和武汉确定 5 个 5G 试点城市<sup>[14]</sup>。2018 年 8 月,4 座 5G 基站在北京建设完成。5G 可以直接传输 4K 高清信号,其画质清晰度是 4G 的 16 倍,为用户提高更逼真的 VR 沉浸感提供了良好的数据传输基础<sup>[16]</sup>。

目前,GPU 的性能、功耗和售价是制约 VR 设备移动化的最大挑战。未来 5 年,随着技术进步,GPU 的性能将会不断提升,功耗和价格会不断降低,电池存储将会更大。AMD 及 Nvidia 在最新的 GPU 架构中针对 VR 做了专门的优化,移动便携的虚拟现实设备有望大范围普及,VR 硬件必然会伴随着 5G 时代的到来进入大众的视野<sup>[17]</sup>。

## 3 结论

VR 硬件行业的发展经历了一个由概念产品逐步向消费级产品演进的过程。目前硬件产品存在的眩晕感、便携性和交互性难题,是影响 VR 普及的主要因素。出现这些难题的根本原因与屏幕刷新率、分辨率、延迟时间、视场角、质量、电池续航能力及数据传输能力等关键技术相关,如表 3 所示。

这些关键技术的改进又存在着矛盾和瓶颈,不是短时间能迅速解决的问题。首先,高刷新率和分辨率的需求与设备便携化的目标相矛盾。例如:要达到良好的沉浸效果,VR 设备最佳的刷新率要达到 90~120 Hz 或以上,视频分辨率达到 2560×1440(2K)或以上。目前通常采用增加芯片数量,使用 OLED 或 AMOLED 材质的显示屏来提高这些指标。而分辨率和刷新率越高,占用的内存就越大,势必增加 VR 设备的质量和体积。再者,性能提升会带来产品价格上涨,势必影响 VR 设备的普及化。据 2016—2017 年中国 VR 头显设备按价格区间销量占比看,1000~2000 元的市场增长最快,其次是 2000~5000 元的市场。500 元以下的产品会越来越缺少市场,500~1000 元的市场空间也呈现走低趋势。在性能接近的情况下,消费者更多的会考虑价格因素。而 VR 一体机正是牺牲一部分性能,在便携性

表3 VR硬件难题、根本原因及技术标准

Table 3 Problems, fundamental causes and technical standards of VR hardware

VR硬件难题	根本原因	主要措施	技术标准
用户眩晕感	刷新率低	增加芯片数量,提高计算能力	刷新率 100~120 Hz 或以上
	延迟时间长	提升显示技术,数据传输能力	延迟时间 19.3 ms 或以内
	分辨率不够	改进显示屏材质	分辨率 2560×1440 或以上
	视场角不足	改进算法	视场角 136°
便携性不足	产品体积/质量大	提升芯片性能和存储容量	轻量化约 45 g 以内
	有多余线缆	提高存储能力、设备无线化	无线化
	电池续航能力不足	提升电池性能或快充技术	12 h 以上
交互性薄弱	数据传输速率过低	无线协议升级	传输速率 6 Gbps 以上

和价格上进行妥协后迅速获得销量猛涨的。因此,一体机设备将会结合自身优势带动整个VR头显设备市场的发展<sup>[9]</sup>。最后,VR硬件的普及与优质内容的支撑是相辅相成的。目前VR硬件中的内容相对匮乏,优质内容少。在主流的3个VR平台中,应用数量均非常少,而这些内容中又以游戏应用占多数(表4)。只有VR内容在数量和质量上不断提升,才能够促进消费者去购买VR硬件。

表4 VR内容平台上的数据

Table 4 Data on VR content platform

平台	总应用数量	游戏	其他
Viveport	1293	765	528
SteamVR	3714	2955	759
GooglePlay	600	161	439

总之,硬件技术的成熟度、价格及内容均与VR硬件的普及有很大关系,三者密不可分,相互依赖和促进。单纯某个指标的提高并不足以满足消费者,而且产品性能的迭代和形态变革需要较长的时间,生产工艺目前也不能满足大幅降价的需求,只有这3个方向共同提高,才能在未来构建出新的VR生态。

### 参考文献 (References)

- [1] 吕婷, 刘桂铃, 杜海洲, 等. 虚拟现实技术在生物医学领域中的应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(43): 8099-8103.  
Lü Ting, Liu Guilin, Du Haizhou, et al. Application of virtual reality technique in biomedical field[J]. Journal of Clinical Rehabilitative Tissue Engineering Research, 2010, 14(43): 8099-8103.
- [2] Sayed N E, Zayed H H, Sharawy M I. ARSC: Augmented reality student card an augmented reality solution for the education field[J]. Computers & Education, 2011, 56(4): 1045-1061.
- [3] Zervos H, Analyst P. Augmented reality and virtual reality smart eyewear: forecasts for the next decade[J]. Sid Symposium Digest of Technical Papers, 2016, 47(1): 150-152.
- [4] 刁梁. 面向虚拟现实应用的数据手套研制[D]. 南京: 东南大学, 2016.  
Diao Liang. Development and experimental study of data glove for virtual reality application[D]. Nanjing: Southeast University, 2016.
- [5] Anthes C, García-Hernández R J, Wiedemann M, et al. State of the art of virtual reality technology[C]//2016 IEEE Aerospace Conference. Montana: IEEE, 2016: 1-19.
- [6] 诺亦腾: 颠覆与引领, 新时期的中国智造者——全国一期班营友刘昊扬专访[EB/OL]. (2016-01-12) [2018-05-29]. <http://www.pkucy.org/content/show/40-165.html>.  
Niotom. As a subversion and leadership, Niotom is a Chinese intelligent creator in the New Period: An interview with Liu Haoyang[EB/OL]. (2016-01-12) [2018-05-29]. <http://www.pkucy.org/content/show/40-165.html>.
- [7] 2017 百家 VR 公司巡礼: VR 交互之手势识别篇[EB/OL]. 2017-09-30 [2018-06-11]. [http://www.sohu.com/a/195753605\\_104421](http://www.sohu.com/a/195753605_104421).  
Tayce. Introduction of 100 VR companies in 2017: gesture recognition chapter of VR interaction[EB/OL]. (2017-09-30) [2018-06-11]. [http://www.sohu.com/a/195753605\\_104421](http://www.sohu.com/a/195753605_104421).
- [8] 杨震. 视网膜投影显示技术研究[D]. 西安: 西安工业大学, 2011.  
Yang Zhen. Research on technology of retinal projection display [D]. Xi'an: Xi'an Technology University, 2011.
- [9] 李颖诗. 十张图了解VR一体机发展前景2019年或迎来行业爆发[EB/OL]. (2018-10-17) [2018-11-19]. <http://guba.eastmoney.com/news,cjpl,787511212.html>.  
Li Yingshi. Understanding the development prospect of VR integrated machine through 10 graphs: the VR industry may break out in 2019[EB/OL]. (2018-10-17) [2018-11-19]. <http://guba.eastmoney.com/news,cjpl,787511212.html>.

- [10] 四大主流 VR 一体机深度横评(一): 用数据告诉你哪款产品发热最严重[EB/OL]. (2018-08-21) [2018-11-20]. <http://vr.sina.com.cn/news/yj/2018-08-21/doc-ihhsnea4041972.shtml>. Sina VR. Deep review of four mainstream VR integrated machines(I): compare the data and tell you which product has the most fever problem.[EB/OL]. (2018-08-21) [2018-11-20]. <http://vr.sina.com.cn/news/yj/2018-08-21/doc-ihhsnea4041972.shtml>.
- [11] 范丽亚, 马介渊, 周建龙, 等. 虚拟现实产业的发展现状与展望[J]. 软件工程与应用, 2017, 6(6): 199-204.  
Fan Liya, Ma Jieyuan, Zhou Jianlong, et al. The development status and prospect of Virtual reality industry[J]. Software Engineering and Applications, 2017, 6(6): 199-204.
- [12] Minor. VR 产业报告硬件篇: 头盔等成为巨头切入 VR/AR 首选[EB/OL]. (2016-01-10) [2018-06-25]. <http://vr.ofweek.com/news/2016-06/ART-815014-12008-30054748.html>.  
Minor. Hardware chapter of VR industry report: helmets become the first choice for giants to enter VR/AR industry[EB/OL]. (2016-01-10) [2018-06-25]. <http://vr.ofweek.com/news/2016-06/ART-815014-12008-30054748.html>.
- [13] Kim J W, Choe W J, Hwang K H, et al. 78-2: The Optimum Display for Virtual Reality[C]//SID Symposium Digest of Technical Papers. 2017, 48(1): 1146-1149.
- [14] 成海潮. 5G 网络真的要来了, 抢先布局新应用是王道[EB/OL]. (2018-04-22) [2018-11-24]. <http://www.hxw163.com/bbs/5317569/20180422A00K3000.html>.  
Cheng Haichao. The 5G network is really coming, it's the important path to take the lead in new applications[EB/OL]. (2018-04-22) [2018-11-24]. <http://www.hxw163.com/bbs/5317569/20180422A00K3000.html>.
- [15] 魏三强, 孙彦景. 虚拟现实的无线网络传输技术研究进展[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2018, 39(3): 324-331.  
Wei Sanqiang, Sun Yanjing. Research progress on wireless network transmission technology in virtual reality[J]. Journal of Huaqiao University(Natural Science), 2018, 39(3): 324-331.
- [16] 赵鹏. 首批基站启用北京迈入 5G 时代[EB/OL]. 2018-08-14 [2018-10-25]. <http://tech.qq.com/a/20180814/058667.htm>.  
Zhao Peng. The first base stations start in Beijing and the 5G Era is coming[EB/OL]. (2018-08-14) [2018-10-25]. <http://tech.qq.com/a/20180814/058667.htm>.
- [17] 孟玮, 印培, 陈昊飞. 虚拟现实/增强现实——引领下一代计算平台创新[EB/OL]. (2016-02-24) [2018-06-20]. <http://doc.mbalib.com/view/3b6f69b0fc07f5629066ff5bd99d3714.html>.  
Meng Wei, Yin Pei, Chen Haofei. Virtual reality/augmented reality: Leading the innovation of next generation computing platform[EB/OL]. (2016-02-24) [2018-06-20]. <http://doc.mbalib.com/view/3b6f69b0fc07f5629066ff5bd99d3714.html>.

## The development status and prospect of virtual reality hardware industry

FAN Liya<sup>1</sup>, MA Jieyuan<sup>2\*</sup>, ZHANG Kefa<sup>3</sup>, MIAO Xianglin<sup>1</sup>

1. City College, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710018, China

2. Xi'an Bio-pharmaceutical Incubator Co., Ltd., Xi'an 710077, China

3. ArinChina, Xi'an 710079, China

**Abstract** The development of virtual reality hardware industry has gradually experienced an evolution from conceptual products to consumer products. At present, there are three difficult problems: vertigo, portability and interactivity, which are affecting the popularity of virtual reality hardware products. This article investigates the industrial development status from three aspects of virtual reality hardware industry: parts supplier, equipment manufacturer and equipment distributor in terms of hardware configurations, technical routes, solutions and so on. Then the fundamental reasons for the three major problems are analyzed and the technical standards for breakthroughs are given. Finally, the future development direction of the virtual reality hardware industry is prospected.

**Keywords** virtual reality; hardware industry; technical standard ●



(编辑 徐丽娇)