

# 增强现实硬件产业的发展及展望

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

1. 西安交通大学城市学院, 西安 710018

2. 西安高新技术产业开发区创业园发展中心, 西安 710077

3. 西安象呈网络科技有限公司, 西安 710079

**摘要** 增强现实已成为全球信息技术产业中最受关注的热点领域之一, 目前正处于快速发展时期。便携性、移动性和交互性3大难题, 是影响增强现实硬件产品普及的主要因素。基于增强现实硬件产业链研究, 通过对比现有AR眼镜参数与全球技术标准, 分析了AR眼镜尚待克服的3大难题的根本原因、主要措施及需要突破的技术标准, 并展望了AR硬件产业未来的发展方向。

**关键词** 增强现实; 硬件产业; AR眼镜; 技术标准

增强现实(augmented reality, AR), 是指将计算机生成的虚拟物体或信息叠加到真实环境中, 从而使体验者达到超越现实的感官体验。真实的环境和虚拟的信息被实时叠加到同一个画面或空间中同时存在, 体验者既能看到真实世界, 又能通过设备与虚拟世界互动<sup>[1]</sup>。增强现实拥有手势识别、眼球追踪等人机交互方式, 并且给用户带来颠覆式的场景体验, 将会成为下一代计算平台。

本文在对AR硬件产业发展现状研究的基础上, 主要从便携性、移动性和交互性3个方面分析了AR硬件产业发展要解决的关键技术问题, 对AR硬件产业的发展方向进行展望。

## 1 增强现实硬件产业发展现状

增强现实硬件产业指AR硬件产品相关的零部件、模组、整机产品及渠道商的总称。本文分别从AR零部件和模组(上游)、整机(中游)、硬件渠道商(下游)3个部分对AR产业的现状进行研究<sup>[2]</sup>, 如图1所示。

### 1.1 AR硬件产业上游

AR硬件产业的上游主要包括AR关键零部件及模组2个部分。

#### 1.1.1 关键零部件

随着规模经济和模块化生产趋势的发展, AR

收稿日期: 2019-05-07; 修回日期: 2019-07-04

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: fanliya\_xjtucc@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. 增强现实硬件产业的发展及展望[J]. 科技导报, 2019, 37(15): 114-124; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2019.15.017

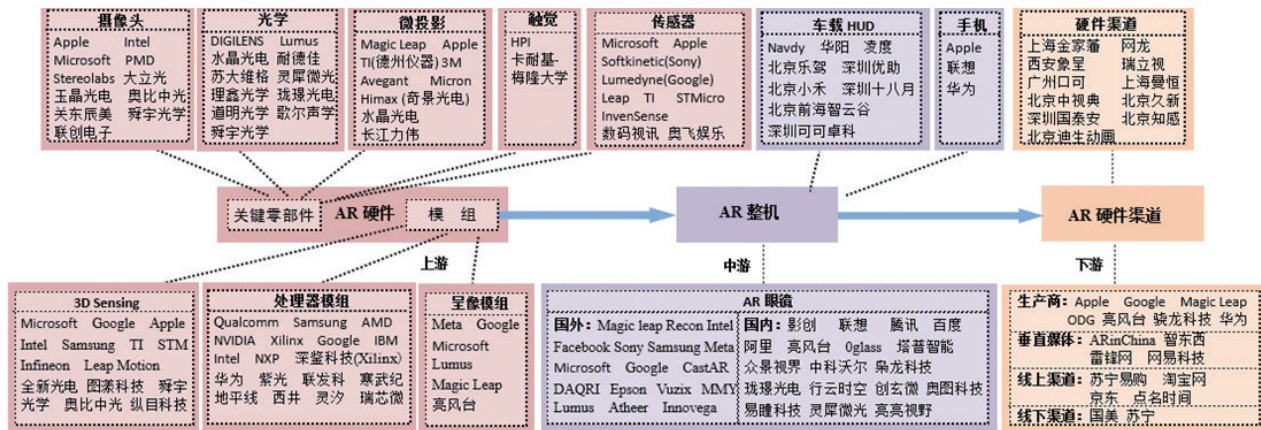


图1 增强现实产业链图

Fig. 1 Augmented reality industrial chain

零部件的生产日益精细化和专业化<sup>[3]</sup>。AR 零部件主要包括摄像头、光学器件、微投影器件、传感器、触觉设备等<sup>[4]</sup>。

人类感受的信息 80% 来源于视觉, 目前人们对视觉的研究相对比较成熟。现有的视觉感知设备主要是摄像头, 在 AR 设备中主要用于动作捕捉, 手势识别等信息输入。目前 AR 产品中用到的摄像头种类繁多, 根据目数可将摄像头分为单目、双目和多目摄像头。根据光波可分为红外和可见光摄像头。RGBD 深度相机是近几年兴起的新技术, 即在 RGB 普通摄像头上添加一个深度测量功能。国外主要的摄像头供应商有 Apple(苹果)、Intel(英特尔)、Microsoft(微软)、德国 PMD、Stereolabs, 中国主要厂商有奥比中光、关东辰美、舜宇光学、联创电子, 台湾大立光和玉晶光电等公司。

光学器件是 AR 硬件产品中负责呈像的关键部件, 主要代表厂商有美国的 Digilens、以色列的 Lumus 等, 国内有水晶光电、耐德佳、苏大维格、灵犀微光、理鑫光学、珑景光电、道明光学、歌尔声学、舜宇光学等企业。

微投影器件是光学式 AR 的核心, 承担了将虚拟物体叠加到真实环境显示的功能, 在 AR 头盔、车载 HUD 等方面具有极大的应用价值。国外主要厂商有 Magic Leap、Apple、TI(德州仪器)、3M、Avegant、Micron(美光)等, 中国厂商主要有水晶光电、长江力伟等、Himax(台湾奇景光电)。

触觉主要指人体表面的神经末梢感受到的温度、软硬度、纹理或压力等信息。目前对触觉的研究非常有限, 在 AR 系统中主要是通过触觉和力觉传感器来实现<sup>[5]</sup>。迄今为止, 触觉传感材料、触觉信息获取、触觉图像识别等都已成为国内外科团队的研究热点, 很多新型的触觉传感器及触觉信号处理方法被研制出来。2017 年, 美国卡耐基-梅隆大学研发出一款结合视觉和触觉的新一代工业机器人“Baxter”, 能够实现抓取动作, 例如剥香蕉皮等。2018 年 4 月, 德国哈索·普拉特纳研究所(HPI)人机交互实验室研究人员通过 HoloLens 展示了一套适用于 AR 头显的可穿戴触觉技术的解决方案, 该方案是通过使用电肌肉刺激设备(EMS)来完成的, 设备小巧轻便, 便于携带。该系统目前处于原型阶段, 可在 GitHub 网站上体验<sup>[6]</sup>。

传感器相当于 AR 的五官, 是实现人机交互的核心部件。目前各巨头在加紧发展终端设备的同时, 也积极布局传感技术, 例如 Microsoft 公司掌握了深度传感器 Kinect; Apple 公司收购了深度传感器 Prime Sense, 并且在软件上收购了 FaceShift 和 Metaio, 可配合 Prime Sense 进行传感技术深度布局; 索尼收购了比利时传感器技术公司 Softkinetic Systems SA<sup>[3]</sup>, 拥有全世界最小带精细化手势识别功能的 3D 深度摄像头; Google 公司收购了 Lumedyne Technologies, 掌握了光学加速度计、惯性传感器等传感技术, 此外谷歌的无人驾驶系统整合了声

呐系统和雷达系统,将传感器应用发挥到了极致,此外,还有 Magic Leap、TI、STMicro、InvenSense 等。国内厂商有数码视讯、奥飞娱乐等。

### 1.1.2 模组

AR 模组主要包括 3D Sensing(摄像头模组+传感器模组)、处理器模组和呈像模组<sup>[7-8]</sup>。

1) 3D Sensing。3D Sensing 是 AR 功能的技术核心,市场主流的 AR 硬件产品都需要搭载 3D Sensing。3D Sensing 是由多个摄像头+深度传感器组成的,在色彩、分辨率、观测距离、抗干扰及夜视等方面优于 2D 摄像头,还可实时采集物体三维位置及尺寸信息。

目前市场上有 3 种主流方案,按成熟度从高到低依次为:结构光、飞行时间(time of flight, TOF)和双目成像<sup>[3,9]</sup>。结构光是通过激光的折射及算法计算出物体的位置和深度信息,进而复原整个三维空间。目前该方案的发展相对最成熟,已大量应用于

工业 3D 视觉领域。TOF 是一种光雷达系统,可从发射极向对象发射光脉冲,接收器则可通过计算光脉冲从发射器到对象、再返回到接收器的运行时间来确定被测量对象的距离。TOF 方案已出现在 Google 的 Project Tango 方案中。双目成像是使用两个或两个以上的摄像头同时采集图像,通过比对这些不同摄像头在同一时刻获得的图像差别,使用算法来计算深度信息。由于算法开发难度高,双目成像多应用在不考虑功耗的机器人、自动驾驶等新兴领域。3 种方案各有不同的特点,应用领域和代表厂商如表 1 所示。TOF 方案与结构光方案使用便捷、成本较低,更具前景,尤其是 TOF 方案更加适合消费电子产品后置远距离摄像,可应用于 AR、体感交互等方面。结构光方案在精度方面超越了另外 2 种方案,更加适合消费电子产品前置近距离摄像,非常适合智能终端,可应用于人脸识别、手势识别等方面。

表 1 3 种主流 3D Sensing 方案对比

Table 1 Comparison table of three mainstream 3D sensing schemes

	优点	缺点	应用领域	案例	代表厂商
结构光	技术成熟、模组体积小,平面信息分辨率高、功耗较低	技术复杂,产品成本高、容易受光照影响,识别距离近	游戏体感交互、工业机器视觉检测、电子产品前置摄像头	Kinect 一代、iPhoneX	Intel、Google、Apple、Mantis、Himax、奥比中光、图漾科技、华捷艾米
TOF	抗干扰性好,识别距离远	平面分辨率低,功耗较大	医疗检测、机器人视觉、电子产品后置摄像头、体感交互	HoloLens	Microsoft、Google、Infineon、TI、STM、舜宇光学、海康威视
双目成像	强光环境抗感染性好,功耗低	昏暗环境,特征不明显不适合,技术不成熟,软件算法复杂	自动驾驶等	Leap Motion One	Microsoft、Intel、Leap Motion、图漾科技、纵目科技、凌云光技术、西纬科技、弼智仿生

资料来源:UCCVR Ventures。

2) 处理器模组。AR 的实现涉及大量的计算,为避免眩晕和实现实时显示,其对计算过程时间有较高要求(一般不超过 20 ms)<sup>[7]</sup>。传统的 CPU 芯片无法放入大量的计算核心以实现大规模的并行计算,且性能不足以支持 AR 操作的流畅执行。因此,AR 需要专门的人工智能(artificial intelligence, AI)芯片。AI 芯片是整个通信行业的根基,性能更强、能耗更低、体积更小一直是 AI 芯片的努力方向。

从技术架构来看, AI 芯片分为通用性芯片(GPU)、半定制化芯片(FPGA)、全定制化芯片(ASIC)和类脑芯片 4 大类。(1) GPU 是单指令、多数据处理,主要处理图像领域的运算加速。但 GPU 无法单独工作,必须由 CPU 进行控制调用才能工作。结合 CPU 和 GPU 各自的优势,有一种解决方案就是异构。GPU 芯片的代表企业是 NVIDIA(英伟达),占全球 AI 芯片 50% 以上市场份额,旗下产

产品线遍布自动驾驶汽车、高性能计算、机器人、医疗保健、云计算、游戏视频等众多领域。(2) FPGA 适用于多指令,单数据流的分析,常用于云端。FPGA 是用硬件实现软件算法,因此在实现复杂算法方面有一定的难度,价格较高。代表企业是三星、深鉴科技(被赛灵思收购)。(3) ASIC 是为实现特定要求而定制的专用 AI 芯片。除不能扩展外,在功耗、可靠性、体积方面都有优势,尤其在高性能、低功耗

的移动端优点明显。Google 在 2016 年宣布独立开发一种为机器学习应用而设计的专用芯片 TPU。2016 年 3 月打败了李世石和 2017 年 5 月打败了柯杰的阿尔法狗,就是采用了 Google 的 TPU 系列芯片。(4) 类脑芯片是一种模拟人脑的新型芯片编程架构,可模拟人脑功能进行感知、行为和思考。目前该类芯片实现难度大,处于早期研发阶段<sup>[10]</sup>。各类芯片对比如表 2 所示。

表 2 芯片类型对比

Table 2 Comparison table of different chip types

类别	优点	缺点	适用领域	代表公司
通用芯片	具备通用性、性能高、功耗高	无法单独工作,必须由 CPU 控制调用	适用于图像领域的运算加速	NVIDIA、AMD
半定制化芯片	通用性一般、可编程、功耗一般	实现复杂算法有难度;价格高	适用于多指令,单数据流的分析,常用于云端	三星、赛灵思
全定制化芯片	可靠性高、性能稳定、功耗可控	不能扩展	按特定要求定制的专用 AI 芯片,适用于高性能、低功耗的移动端。	Google、寒武纪、地平线、比特大陆
类脑芯片	响应速度快、功耗低	实现难度大	处于早期阶段	西井科技、高通、IBM、Intel

资料来源:搜狐网。

在 AI 芯片领域,国外芯片巨头(前 3 名为 NVIDIA, Intel 和 NXP、英特尔和恩智浦)占据了绝大部分市场份额。而华为公司成中国大陆地区最强芯片厂商,国内代表厂商还有联发科、瑞芯微、寒武纪、地平线等<sup>[10]</sup>。

3) 呈像模组。呈像模组由镜头、传感器、数字化 CV 算法和 LCD/LED 显示器的 4 部分组成<sup>[11]</sup>。呈像模组根据 AR 光学技术出现的时期可划分为:离轴光学、棱镜光学、曲面棱镜、光波导和光场技术 5 代,各代光学呈像技术在原理、厚度、视场角、优缺点、技术壁垒等方面的对比如表 3 所示。

## 1.2 AR 硬件产业中游

AR 硬件产业中游主要指 AR 整机产品。主流的 AR 整机产品包括 AR 眼镜、车载 HUD 和 AR 手机。

### 1.2.1 AR 眼镜

AR 眼镜从形态上,可分为分体式和一体式。每种形态又可分为单目式、双目式和头箍双目式 3 大类<sup>[12]</sup>。

单目眼镜不管是分体式还是一体式,是最不像

眼镜的眼镜,一般出现在早期产品中,不会成为 AR 眼镜的主流。例如一体式单目眼镜 Google glass,虽然轻便、易于携带,但由于视场角小,受晃动影响大,不适合长期佩戴。

分体式双目眼镜,可视面积较大,受位移影响小,比单目眼镜看得清,但不便于携带。例如,亮亮视野 2019 年 1 月发布的双目光波导 AR 眼镜 LEION,视场角 30°,眼镜整体重量为 79 g,基本保证了佩戴的舒适性。一体式双目眼镜高清晰度、大视场角,一般采用镜腿环绕式设计,轻便的同时保证了稳定性、戴得久。例如 ThirdEye 的二代 MR 眼镜 X2 视场角为 42°,整机重量不到 170 g<sup>[13]</sup>。

头箍式双目眼镜具有很好的固定效果,戴得稳、看得清、重量一般集中在额头,难以持久佩戴。一体式头箍双目眼镜的代表是 Microsoft 的 Holo-Lens,重量近 600 g。分体式头箍双目眼镜的代表是 EPSON BT-2000,机身重量约 300 g,加上主机和电池重量 500 g,总重量达到 800 g<sup>[14]</sup>。各类 AR 眼镜优缺点及代表产品如表 4 所示。

表3 5代光学呈像技术对比

Table 3 Comparison of five generation optical imaging technologies

光学方案	原理	厚度	视场角	优点	缺点	技术壁垒	代表公司
离轴光学	是AR界的“古董”技术,自由曲面设计加上偏振分光器简化而成	头盔式	可以很大	视场角可做到很大(例如Meta2的视场角达90°)	体积较大/无法多任务处理	很低	Meta
棱镜光学	棱镜把显示器产生的光从眼镜框反射入眼,也让现实世界的光透进来	>10 mm	15°	易产生叠加感(第一代商用AR眼镜 Google glass)	光能利用率低/画面暗/镜片厚/成本高/良率低	中等	Google
曲面棱镜	经过精密计算把偏振分光器表面和分光膜层做成弯曲,最大程度利用每个分光效果	>8 mm	30°	成像质量清晰,能扩大显示范围和视场角而不产生体积的夸大	体积较大	较高	亮风台
光波导	利用光线在镜片内的全反射,实现光线横向传输的同时减少对镜片厚度的要求,再根据光线选择处理手段(偏振分光膜和光栅)	超薄	30~60°	传播距离小/简洁轻巧	光波导全息存在色散和图像模糊,成本高	高	Microsoft、Lumus
光场技术	通过改变纤维在三维空间中的形状,控制激光射出方向,直接投射到视网膜	超薄	未知	成像质量高、允许用户自由对焦	功耗较高、成本昂贵	超高	Magic Leap

资料来源:UCCVR Ventures。

表4 AR眼镜分类及优缺点对比

Table 4 Classification and comparison table of AR glasses

	优点	缺点	代表产品
单目式		不便携	联想New glass、K-glass
分体式	双目式	可视面积较大,受位移影响小,分体式设计巧妙,可分担头部重量,佩戴舒适	早期产品便携性较差,无法戴得稳定和持久
	头箍式双目	具有良好的固定性,戴得稳,看得清	不便携,难以持久佩戴
一体式	单目式	轻便、结构稳定、易于携带	棱镜聚焦困难,视场角小,受晃动影响大,影响视力
	双目式	高清晰度、大视场角,佩戴稳定	重量比普通太阳镜大,难以长时间佩戴
	头箍式双目	具有良好的固定性,戴得稳,看得清	重量一般集中在额头,难以持久佩戴

资料来源:百度指数、国元证券研究中心。

### 1.2.2 车载HUD

平视显示系统(head up display, HUD)是一套将重要信息投射在驾驶员视野前方挡风玻璃上的显示技术,可以避免驾驶员频繁低头观察仪表,提高行车安全系数。

早期的HUD系统生产成本很高,仅使用在军事领域,现如今像奔驰、宝马、标致等许多大众化车型上也逐渐出现车载HUD。将AR技术与HUD技术相结合可以将真实路面场景与投影信息实时融合交互,例如路人识别、前车测距、交通灯识别提示等信息,在陌生环境和低能见度环境下也能轻松掌握行驶路线。Navdy是美国最早研发车载HUD平视显示器的公司,国内代表厂商有华阳、北京乐驾、凌度、深圳优助、北京小禾、深圳十八月、北京前海智云谷、深圳可可卓科等。

### 1.2.3 AR手机

智能手机凭借良好的便携性和交互性,普及度较高,越来越同质化的硬件使手机厂商很难再互拉开较大差距。AR手机目前正成为国内外手机厂商研发的热点。占美国的市场份额约为45%的手机厂商Apple可谓是软硬两手抓,目前已收购了PrimeSense、RealFace在内的多家AR技术公司,iPhone 8就已融合了AR技术。Microsoft和Facebook公司看似是Apple公司在AR领域上的最大威胁,但它们都缺乏智能手机硬件平台。2014年,联想公司发布全球首款AR手机联想Project Tango,新增了一颗鱼眼镜头和一颗红外传感器。2017年,联想Phab2 Pro AR手机发布,体积非常大,像一台小型的平板电脑,由于当时AR技术不是很成熟,并没有成为一款畅销产品。2014年,华硕公司发布了ZenFone AR手机,搭载三重镜头系统,运行基于Android7.0的ZenUI3.0。华为公司也即将开发一款支持Tango技术的AR手机,将对出货量较低的华硕和联想造成不少冲击。

5G技术在国内手机厂商激烈的竞争中,格局逐渐明朗。2019年4月17日,Intel宣布退出5G智能手机调制解调器业务后,全球5G手机基带芯片厂商就只剩下5个:美国的高通、韩国的三星、中国的华为海思、紫光展锐及联发科。5G芯片格局,

中国占60%<sup>[15]</sup>。

此外,AR整机产品还有固定式AR系统(如AR试衣间)和空间增强现实系统(如大众公司的SAR系统)等,考虑到AR整机产品发展的主流方向是便携化和移动化,这里仅讨论AR眼镜、车载HUD和AR手机。

### 1.3 AR硬件产业下游

AR硬件产业下游主要指AR硬件服务及渠道。目前AR设备主要的渠道有:生产商官网、AR设备代理商、垂直媒体、线上渠道和线下渠道五类。AR硬件生产商主要的代表是Apple、Google、Magic Leap、ODG、亮风台、骁龙科技、华为等。目前中国AR设备代理商与VR代理商基本相同<sup>[9]</sup>,如图1所示。垂直媒体的代表是ARinChina、智东西、雷锋网、网易科技等;线上渠道的代表是苏宁易购、淘宝网、京东、点名时间等;线下渠道的代表是国美、苏宁等。随着AR产业的不断成熟,销售渠道将会越来越完善<sup>[9]</sup>。

综上所述,Google、Microsoft、Apple、Magic Leap等国外科技巨头在AR硬件上均有所布局,阿里巴巴、腾讯、网易、华为等国内巨头也欲抢占AR硬件生态的制高点,AR硬件产业有望成为未来商业的主导模式之一。

## 2 AR眼镜尚待克服的难题

目前AR产业处于初步发展期,大部分AR产品及解决方案仍处于开发阶段。虽然AR眼镜目前成本较高,市场普及度较低,但由于更贴合用户视觉距离,交互方便,将会成为未来AR硬件发展的主流。而且,随着“便携化”和“可佩戴化”趋势的发展,AR眼镜最终可能会替代车载HUD和AR手机等其他AR硬件整机形式。因此,本文以AR眼镜为例,分析AR眼镜普及尚待克服的难题及原因,对AR整个硬件产业的发展有着重要的意义。AR眼镜要成为主流的可穿戴设备,尚待克服的硬件难题包括佩戴的舒适性、移动性和交互性3个方面<sup>[16]</sup>。

### 2.1 舒适性

主要影响因素有视觉效果、眼镜重量和体积。

1) 视觉效果。AR眼镜的显示效果会受到现实世界光线的影响,因此对视觉(包括视场角、分辨率、亮度、色彩饱和度、对比度等)的要求比VR头盔要高的多<sup>[17]</sup>。视场角(field angle of view, FOV),是以光学仪器的镜头为顶点,以被测目标的物象可通过镜头的最大范围的两条边缘所构成的夹角。视场角的大小决定了光学仪器的视野范围,视场角

越大、视野就越大<sup>[18]</sup>。目前主流AR眼镜的视场角最大的就是影创New Air2, FOV达60°,接近视场角65°的全球技术标准,分辨率也接近技术标准。

2) 眼镜重量。一般来讲,适合全天舒适性佩戴的AR眼镜重量应该近似普通太阳镜,大约小于60 g(越轻越好)。而目前大部分主流AR眼镜距离该标准还有较大差距(表5)。

表5 现有AR眼镜参数与全球技术标准对比

Table 5 Comparison table of existing AR glasses parameters and global technical standards

产品	续航/h	视觉	价格	重量	界面交互	处理器
HoloLens	3	FOV 23° 1268×720 像素	\$3000	579 g	Windows Holographic OS, 支持凝视、语音和手势交互,手部和眼球追踪	CPU Intel x5- z8100, GPU Intel 8086H 微软定制 HPU
HoloLens2	2~3	FOV 52° (对角线) 1024×1024 像素	\$3500	未知	Windows Holographic OS, 支持语音控制、手动跟踪和眼球追踪	高通骁龙 850+ 微软定制 HPU2.0
Magic Leap One	3	FOV 50° (对角线) 1024×1024 像素	\$2295	头显 400~500 g	自有 Lumin OS, 支持, 眼球追踪、手势控制、语音交互、头部姿态	CPU: 英伟达 Parker-SOC+ GPU: 英伟达帕斯卡+ 图形 API
影创 Action One	4	FOV 45° 1280×720 像素	¥ 6999	330 g	自主研发 3D 全息 Blue Cat OS, 精确的手势识别、精准的空间定位	高通骁龙 835
影创 New Air2	4~5	FOV 60° 1280×1080 像素	\$799	头部 55 g 脖环 100 g	自主研发 3D 全息 Blue Cat OS, 精确的手势识别、精准的空间定位	高通骁龙 845
nreal light	数小时	FOV 52° 1280×1080 像素	未知	头显 85 g 计算模块未知	Slam 定位, 能识别现实环境使虚拟更融合, 支持手势、语音等交互	高通 855 芯片 + Adreno 630 GPU
全球技术标准 参数	12	FOV 65° 1280×1720 像素	\$700	<60 g	AR 专用 OS, 应支持语音、手势、体感、眼球甚至脑电波控制	强大的 CPU、GPU 和 HPU

资料来源:互联网、各生产商官网。

目前AR一体机眼镜重量还是较大,例如HoloLens重量近600 g,很难长时间佩戴。分体式眼镜的设计相对巧妙、质轻,例如影创New Air2的眼镜部分仅55 g,处理部分被设计成脖环,只有约100 g,既方便佩戴,又减轻了头部重量,比同类一体机眼镜HoloLens要轻约400 g。中国初创公司太若科技在2019年推出的nreal light眼镜也采用了分体式设计方式,头部佩戴部分重量为85 g,也可连续佩戴数小时<sup>[19]</sup>。这种分体式设计方案,相信在未来几年会占据主流。

3) 体积。一般情况下,设备的体积和重量呈正相关,体积越大、便携性越差。HoloLens、Magic Leap和Meta是公认的全球3大AR头显。Meta2不是独立的AR眼镜,需外接PC,而且外观大,携带较为困难,只能称之为头显。Microsoft 2019年推出的HoloLens 2在较后的位置内置了计算硬件和电池,减轻了前方重量,但外形尺寸仍然过于庞大,很难赢得消费者喜欢。Magic Leap One虽然通过在腰部位置单独别一个小电脑(包括电池)来优化外观,但头显部分重量也达400~500 g,无法长时间佩

戴<sup>[20]</sup>。而 nreal light 眼镜采用分体式设计,眼镜部分外形与太阳镜酷似,计算单元放置在使用 Type-C USB 连接的计算模块中,体积小,随时可以放入口袋中<sup>[19]</sup>。

## 2.2 移动性

处理器算力、数据传输能力和续航能力是 AR 眼镜实现移动化的 3 大基本要素<sup>[21]</sup>。AR 眼镜的移动化需要算力大、体积小、功耗低的 AI 芯片作保证。例如 HoloLens2 采用定制的全息处理器单元 HPU 2.0 配备一个 AI 协同处理器,能够以本地高效低功耗状态灵活实现深度神经网络。nreal light 眼镜采用的是高通支持 5G 网络的 855 芯片<sup>[19]</sup>。2018 年 8 月,4 座 5G 基站在北京建设完成。5G 传输速度可达每秒数十 Gb,比 4G 网络的传输速度快数百倍<sup>[22]</sup>。5G 网络的普及可以满足 AR 对大算力的要求,可以把算力交给服务器去完成,理论上每一个移动终端都可以享有无限算力。电池技术的突破一直是行业难点。数据显示,目前最好的 AR 眼镜续航时间只有 3~4 h,与 12 h 的全球技术标准差距甚远,仍需 4 倍左右的提升。而目前技术水平下每年大概只有 5% 的性能提升,要在短时间内突破电池续航能力,要依赖快充技术的发展或寻求其他新型高效能源解决方案<sup>[23]</sup>。

## 2.3 交互性

界面交互上看,各厂商在发布 AR 眼镜时都在推出自主研发的操作系统,试图在新一代计算平台的软件上占据半壁江山。目前 AR 眼镜的交互方式以语音、手势和眼球追踪为主。随着生物芯片技

术的发展,脑电波人机交互技术将成为 AR 未来的主流交互方式<sup>[24]</sup>。该技术目前还处于研究阶段,例如英国埃塞克斯大学的脑机接口实验室正在开发基于脑电波的非接触式脑机接口,意在探测人类决策时的无意识大脑活动;英国帝国理工学院人工智能实验室已把秀丽线虫的 30 多个神经节点复制给乐高机器人,乐高机器人从而表现出了秀丽线虫的行为模式;南加州大学研究的辅助记忆系统植入大脑可扮演人脑记忆部分——海马区的角色,该系统目前已在数名志愿者身上进行了初步实验<sup>[25]</sup>。在脑波交互到来之前,键盘、手柄、鼠标、语音、手势、眼动这 6 种交互方式将混合存在,并且一定会有一种可以让这 6 种交互方式根据使用场景自由按需切换的技术或平台。这种平台一定不是安卓,也不是 iOS,而是 AR 独有的操作系统,例如 Microsoft 公司的 Synaptics、Google 公司的 Fuchsia 和 Magic Leap 公司的 Lumin OS。

同类产品性能接近的情况下,消费者更多的会考虑产品的价格。根据 Digi-Capital 的报告,量产消费级产品合理价格约为 \$700。相对于 \$3500 的 HoloLens 来讲,影创的产品价格可谓非常亲民,尤其是 New Air2 价格已基本接近全球参数标准。

## 3 增强现实硬件行业发展展望

目前 AR 眼镜存在的难题,是影响 AR 普及的主要因素。出现这些难题的根本原因、可以采取的措施、应达到的技术标准如表 6 所示。

表 6 AR 硬件难题的根本原因及技术标准

Table 6 The fundamental causes and technical standards of AR hardware difficulties

AR 硬件难题	根本原因	主要措施	技术标准
舒适性	分辨率不够	提升光学组件制造工艺	分辨率达到 1280×1720 或以上
	视场角不足	提升光学组件制造工艺	视场角 65°
	产品体积/重量大	有赖于芯片和光学技术发展	轻量化在 60 g 以内
移动性	数据传输速率低	无线协议升级	传输速率达到 6 Gbps 以上
	数据运算能力不足	提升芯片性能/5G 网络普及	AI 芯片/5G 芯片
	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	更自然的按需切换各种交互方式	专门的软件平台诞生 生物芯片技术发展	真正的 AR 操作系统诞生 脑电波自然交互

资料来源:互联网、各生产商官。

硬件难题的解决是出现消费级产品的基础。AR作为研发主导产业,目前仍处在技术驱动阶段,会经历一段较长时间的技术研发期。AR眼镜的关键技术主要有光学、显示技术、OS和脑电波交互技术,任何算法或技术上的突破都可能引起产业跳跃式的发展。但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<sup>[26]</sup>。

首先,视场角和分辨率等舒适化的需求与设备配戴舒适化的目标相矛盾。FOV的大小和分辨率的高低直接取决于微显示芯片(LCOS或者OLED)的尺寸,大的视场角和高的分辨率需要更大尺寸的微显示芯片,这必然增加眼镜的重量和厚度。而Meta2头盔之所以可以达到90°的视场角,是因为它用手机显示屏代替了微显示芯片。当单眼显示器分辨率为一定值时,分辨率与视场角相互制约。视场角越大,亮度越暗;视场角越大,光的耦合损失越多;视场角越大,厚度必然增大,设备就会显得笨重不易佩戴;要做得轻薄,视场角必然变小。因此视场角与亮度(分辨率)、视场角与光的耦合是透射式头盔显示器的3大矛盾。目前视场角、分辨率还需要光学组件的制造工艺再提升50%。在目前技术依旧存在障碍的情况下,大家都会在视场角和厚度、亮度等指标上权衡,采取一些折中的方案。

其次,视场角等性能的提升会使成本增加,带来产品价格的上涨。对HoloLens进行拆解数据表明,显示环节(包括LCOS投影设备和透明全息透镜)占总成本近50%。全息处理单元(包括CPU、GPU和HPU)占比25%,摄像头和传感器占比10%,存储设备占比15%,电池占比3%。因此,未来消费级产品能否量产,生产全息透镜的工艺成为关键,显示部分成本的下降决定了AR产品爆发的速度<sup>[27]</sup>。而目前技术条件下,生产大而薄的光导透明全息透镜还较困难:1) 受限于制造工艺,提供视场角大的镜片成本高、良率低,例如HoloLens2的售价达\$3500,近5倍于全球价格标准;2) 镜片很厚,目前很多机构在研究如何让镜片变薄。2016年3月澳大利亚国立大学曾宣布制造出世界上最薄的透镜,仅有6.3 nm,是人头发丝直径的1/2000<sup>[28]</sup>。美国航空航天局(NASA)喷气推进实验室与加州理工

学院研究人员合作开发了一种超薄光学透镜,使透镜制造方式产生革命性变化<sup>[29]</sup>。

最后,算力、续航能力的需求与移动化的要求相矛盾。强大的数据和图形处理能力,需要较高的功耗,续航时间必然缩短<sup>[30]</sup>。如果要增加续航时间就必须增加电池模组的数量或者增大其体积,眼镜的重量和外形就不可避免的变大。因此,要设计一个能平衡各项技术指标的AR眼镜其难度远高于VR头盔,每一项指标的改进都可能导致量产技术难度系数及成本的增高。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AR生态。2019年是AR眼镜快速发展的一年。随着芯片技术的发展和5G网络的普及,AR眼镜必然会以舒适化、移动化、自然交互的形态进入大众的视野<sup>[31]</sup>。

## 参考文献(References)

- [1] Sanna A, Manuri F. A survey on applications of augmented reality[J]. *Advances in Computer Science: An International Journal*, 2016, 5(1): 18-27.
- [2] 中泰证券股份有限公司. 增强现实 AR 行业: 资本技术加速渗透[R]. 上海: 中泰证券研究所, 2017. Zhongtai Securities Co., Ltd. Augmented reality AR industry: accelerated infiltration of capital technology[R]. Shanghai: Zhongtai Securities Research Institute, 2017.
- [3] 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. Fan Liya, Ma Jieyuan, Zhang Kefa, et al. The development status and prospect of virtual reality hardware industry[J]. *Science & Technology Review*, 2019, 37(5): 81-88.
- [4] 华强电子网. 一文读懂 VR/AR: VR 和 AR 究竟需要什么样的硬件?[EB/OL]. (2017-12-20)[2019-02-19]. [https://tech.hqew.com/news\\_1998210](https://tech.hqew.com/news_1998210). Hqew. Read VR/AR: What kind of hardware does VR and AR really need?[EB/OL]. (2017-12-20) [2019-02-19]. [https://tech.hqew.com/news\\_1998210](https://tech.hqew.com/news_1998210).
- [5] Clemente F, Dosen S, Lonini L, et al. Humans can integrate augmented reality feedback in their sensorimotor control of a robotic hand[J]. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 2016, 47(4): 583-589.

- [6] Joe C. 德国一家研究所试图将触觉反馈融入 AR/MR 中 [EB/OL]. (2018-04-18) [2019-05-19]. <http://www.vrzhijia.com/news/24011.html>.  
Joe C. A German institute is trying to incorporate tactile feedback into AR/MR[EB/OL]. (2018-04-18) [2019-05-19]. <http://www.vrzhijia.com/news/24011.html>.
- [7] UCCVR Ventures. 2018 年 AR 产业白皮书[R]. 上海: UCCVR, 2018.  
UCCVR Ventures. White paper on AR industry 2018[R]. Shanghai: UCCVR, 2018.
- [8] 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.
- [9] 人脸识别技术大盘点以下三种主流方案不容忽视[EB/OL]. (2018-12-03) [2019-02-19]. <http://m.elecfans.com/article/826280.html>.  
An overview of face recognition technology—three mainstream schemes should not be neglected[EB/OL]. (2018-12-03) [2019-02-19]. <http://m.elecfans.com/article/826280.html>.
- [10] 一文看懂所有类型的 AI 芯片[EB/OL]. (2018-06-06) [2019-02-24]. [https://www.sohu.com/a/234336647\\_295206](https://www.sohu.com/a/234336647_295206).  
Understand all types of AI chips in one article[EB/OL]. (2018-06-06) [2019-02-24]. [https://www.sohu.com/a/234336647\\_295206](https://www.sohu.com/a/234336647_295206).
- [11] Lee G Y, Hong J Y, Hwang S H, et al. Metasurface eyepiece for augmented reality[J]. Nature communications, 2018, 9(1): 4562.
- [12] 国元证券研究中心. AR 维度提升 AR 开启视觉入口时代[R]. 合肥: 国元证券股份有限公司, 2016.  
Guoyuan Securities Research Center. AR dimension enhancement AR opens the age of visual entrance[R]. Hefei: Guoyuan Securities Co., Ltd., 2016.
- [13] CES 2019 首日 AR/VR 汇总: 高通展示分体 VR 参考设计, 又一波 AR 眼镜[EB/OL]. (2019-01-09) [2019-02-25]. <http://dy.163.com/v2/article/detail/E53VJQ3Q0511-BQR8.html>.  
Summary of AR/VR for the first day of 2019 CES: Qualcomm display split VR reference design, another wave of AR glasses[EB/OL]. (2019-01-09) [2019-02-25]. <http://dy.163.com/v2/article/detail/E53VJQ3Q0511-BQR8.html>.
- [14] Arcun. 全球主流 AR 眼镜用户体验剖析[EB/OL]. (2016-06-14) [2019-03-16]. <http://www.arcun.cn/article-1309-1.html>.  
Arcun. Analysis of user experience of global mainstream AR glasses.[EB/OL]. (2016-06-14) [2019-03-16]. <http://www.arcun.cn/article-1309-1.html>.
- [15] 一夜之间 5G 芯片格局大变: 天下五分, 中国已有其三! [EB/OL]. (2019-04-19) [2019-04-28]. <http://finance.sina.com.cn/roll/2019-04-19/doc-ihvhiewr7061547.shtml?source=cj&dv=1>.  
Overnight, the 5G chip pattern changed dramatically: China has three of the world's five points![EB/OL]. (2019-04-19) [2019-04-28]. <http://finance.sina.com.cn/roll/2019-04-19/doc-ihvhiewr7061547.shtml?source=cj&dv=1>.
- [16] Ro Y K, Brem A, Rauschnabel P A. Augmented reality smart glasses: Definition, concepts and impact on firm value creation[M]//Augmented reality and virtual reality. Heidelberg: Springer Cham, 2018: 169-181.
- [17] 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.
- [18] Renner P, Pfeiffer T. Attention guiding techniques using peripheral vision and eye tracking for feedback in augmented-reality-based assistance systems[C]//2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces(3DUI). IEEE, 2017: 186-194.
- [19] 重量仅 85g, MWC 上最值得关注的 AR 眼镜—nreal light[EB/OL]. (2019-03-11) [2019-04-02]. [https://www.sohu.com/a/300459935\\_549351](https://www.sohu.com/a/300459935_549351).  
Only 85g, most noteworthy AR glasses on MWC—nreal light[EB/OL]. (2019-03-11) [2019-04-02]. [https://www.sohu.com/a/300459935\\_549351](https://www.sohu.com/a/300459935_549351).
- [20] 苹果专利申请暴露出其在 AR 眼镜上的计划, 将会成为 iPhone 专属配件? [EB/OL]. (2019-04-02) [2019-04-23]. <http://www.elecfans.com/d/898674.html>.  
Apple's patent application reveals that its plans on AR glasses. Would it become an exclusive part of the iPhone?[EB/OL]. (2019-04-02) [2019-04-23]. <http://www.elecfans.com/d/898674.html>.
- [21] 高翔, 安辉, 陈为, 等. 移动增强现实可视化综述[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2018, 30(1): 1-8.  
Gao Xiang, An Hui, Chen Wei, et al. A survey on mobile augmented reality visualization[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2018, 30(1): 1-8.
- [22] 60 秒看懂! 5G 到底能带来多少性能提升. (2019-05-01) [2019-05-16]. <https://tech.sina.com.cn/mobile/n/n/2019-05-01/doc-ihvhiewr9269315.shtml?cre=tianyi&mod=ptech&loc=11&r=0&rfunc=4&tj=none&tr=1>.  
60 seconds to understand! How many performance improvements can 5G bring? (2019-05-01) [2019-05-16]. <https://tech.sina.com.cn/mobile/n/n/2019-05-01/doc-ihvhiewr9269315.shtml?cre=tianyi&mod=ptech&loc=11&r=0&rfunc=4&tj=none&tr=1>.

- r=0&rfunc=4&tj=none&tr=1.
- [23] 盘点全球最全的AR眼镜厂商[EB/OL]. (2016-06-22)[2019-04-12]. <https://www.chinaar.com/ARzx/57.html>. Inventory of the world's most complete AR glasses manufacturers[EB/OL]. (2016-06-22)[2019-04-12]. <https://www.chinaar.com/ARzx/57.html>.
- [24] 脑波控制技术让人机交互再现魔幻[EB/OL]. (2018-03-22)[2019-04-10]. [http://www.elecfans.com/kongzhijishu/650759\\_a.html](http://www.elecfans.com/kongzhijishu/650759_a.html). Brain wave control technology makes man-machine interactive reproduction of magic[EB/OL]. (2018-03-22)[2019-04-10]. [http://www.elecfans.com/kongzhijishu/650759\\_a.html](http://www.elecfans.com/kongzhijishu/650759_a.html).
- [25] 中国实验动物学会. 马斯克的下一个大目标: 脑机接口技术和人脑增强, 然而伦理争议已经浮现[EB/OL]. (2018-01-05)[2019-04-22]. <http://www.calas.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=22&id=996>. Chinese Association for Laboratory Animal Sciences. Musk's next big goal: Brain-computer interface technology and brain enhancement, but ethical controversy has emerged[EB/OL]. (2018-01-05)[2019-04-22]. <http://www.calas.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=22&id=996>.
- [26] Hedili M K, Ulusoy E, Kazempour S, et al. Next generation augmented reality displays[C]//2018 IEEE Sensors. IEEE, 2018: 1-3.
- [27] Yoshida T, Tokuyama K, Takai Y, et al. A plastic holographic waveguide combiner for light-weight and highly-transparent augmented reality glasses[J]. Journal of the Society for Information Display, 2018, 26(5): 280-286.
- [28] 澳大利亚研发出世界上最薄透镜[EB/OL]. (2016-03-18)[2019-04-18]. <http://scitech.people.com.cn/n1/2016/0318/c1007-28208612.html>. Australia has developed the thinnest lens in the world[EB/OL]. (2016-03-18)[2019-04-18]. <http://scitech.people.com.cn/n1/2016/0318/c1007-28208612.html>.
- [29] W K J. 美国研究人员发明新型超薄光学透镜[J]. 军民两用技术与产品. 2016, 2: 38. W K J. American researchers invented new ultrathin optical Lens[J]. Dual Use Technologies & Products. 2016, 2: 38.
- [30] 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.
- [31] 舟山网. 全球最酷炫的5G应用来了-AR将迎来真正的大风口[EB/OL]. (2018-05-15)[2019-04-07]. [http://www.sohu.com/a/231785479\\_260187](http://www.sohu.com/a/231785479_260187). Zhou Shan. The world's coolest 5G apps are coming-AR will usher in a real wind tunnel[EB/OL]. (2018-05-15)[2019-04-07]. [http://www.sohu.com/a/231785479\\_260187](http://www.sohu.com/a/231785479_260187).

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

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

1. City College, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710018, China
2. Xi'an Pioneering Park Development Center, Xi'an 710077, China
3. ArinChina, Xi'an 710079, China

**Abstract** Augmented reality (AR) has become one of the most attractive fields in the global information technology industry, which is currently undergoing a rapid development. Portability, mobility and interactivity are the three major challenges for the popularization of AR hardware products. Based on a research of AR hardware industry chain and a detailed comparison between existing AR glasses parameters and global technical standards, this paper analyzes the major problems in terms of root causes, main measures and technical standards for AR glasses. The future development direction of AR hardware industry is also prospected.

**Keywords** augmented reality; hardware industry; AR glasses; technical standard ●



(编辑 徐丽娇)