

AR/VR 虚拟显示光学测量及 IEC 国际标准进展

牟希¹, Venkat Venkataramanan², 乔波², 牟同升³

1. 杭州三泰检测技术有限公司, 杭州 311305

2. 浙江三色光电技术有限公司, 湖州 313216

3. 浙江大学光电科学与工程学院, 杭州 310007

摘要 虚拟现实、增强现实技术近年获得快速发展,但虚拟显示的视觉舒适度、体验感和实用性仍有待提高。如何对虚拟显示的光学性能、图像质量等关键性能指标进行量化评价和准确测量,是产业界非常关注的问题。AR/VR 虚拟图像与液晶显示屏等传统显示图像的成像方式不同,测量方法有较大差别,本文根据虚拟显示的成像方式,提出了模拟人眼的入瞳、视野、视角方向及光谱响应等特性的测量技术。同时,结合 IEC TC110 WG12“穿戴显示”工作组的标准化工作情况,介绍了 AR/VR 虚拟显示光学测量方法国际化的进展。

关键词 AR/VR; 穿戴显示; 虚拟图像; 光学测量; 标准化

近几年,虚拟现实/增强现实(AR/VR)虚拟显示在军事、医疗、建筑、教育、工程、影视、娱乐等领域发展迅速、应用广泛,用户体验到了虚拟显示技术所带来全新的视觉享受;同时,由于受目前产品的性能限制,使用者往往抱怨 AR/VR 产品(图 1)的临场感、舒适性不够理想,许多产品使用后还会出现眩晕、视疲劳等现象。如何采用合理的参数来表征这些产品的性能,引导产业研发、生产更加符合实际需求的产品,并指导用户正确选用虚拟显示产品,是当前产业亟待解决的重要问题。



图 1 典型 AR/VR 眼镜

Fig. 1 Typical AR/VR goggles

AR/VR 虚拟成像设备无论从成像原理、成像系统,还是观看方式上,都与液晶显示器(LCD)等传统实像显示技术存在较大的差异。因此,传统电子显示光学测量方法,例如可视角、分辨率、亮度、对比度、均匀性等参数测试方法,不适用于虚拟显示设备的测量和评价。

1 虚拟显示光学测量问题

亮度和颜色坐标是显示图像最基本的参数,也是评价图像的均匀性、可视角、缺陷、云纹(mura)等性能的基础数据。亮度计是显示图像测量的基本设备,为了有较高的测量灵敏度,传统亮度计的入射孔直径为 30~50 mm,测量视场为 0.1°、0.2°、1°和 2°等。为了确保在不同距离测量时亮度读数一致,通常孔径光阑设置

收稿日期:218-04-20;修回日期:2018-05-04

作者简介:牟希,博士,研究方向为健康照明、健康显示及光辐射测量,电子信箱:mollymou@gmail.com;牟同升(通信作者),教授,研究方向为新型电子显示、半导体智慧健康照明技术,电子信箱:mou@sensingm.com

引用格式:牟希, Venkat Venkataramanan, 乔波, 等. AR/VR 虚拟显示光学测量及 IEC 国际标准进展[J]. 科技导报, 2018, 36(9): 32-35; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.09.004

在探测器与成像透镜之间,如图2所示。这样测量系统的入瞳是孔径光阑经过透镜所成的像^[1]。当对不同距离的图像进行测量时,由于成像透镜的聚焦调节,入瞳的位置和尺寸都会有相应的变化。对于传统的电子显示设备,图像上各个像素的光束均匀地向空间发射,对亮度计的入瞳位置和尺寸没有严格要求。

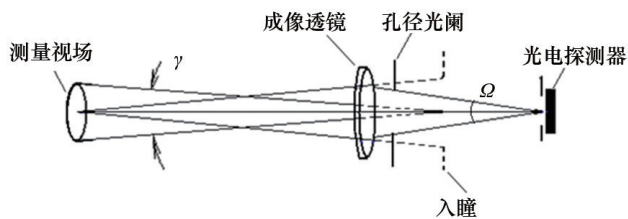


图2 传统亮度计结构

Fig. 2 Principle of the conventional luminance meter

对于AR/VR虚拟显示设备,通常虚拟图像采用透镜成像、反射投影等方式,将微显的图像通过折反射成像在目视前方,形成放大的虚像,如图3所示。人眼双目叠加视场约为 120° ,总视场超过 180° ,为了获得全景的空间影像,AR/VR虚拟显示图像都在追求更大的视场;而人眼视网膜的中心视野具有很高的分辨能力,角分辨率达到60像素/($^\circ$);由于目前微显的像素和图像处理器的速度限制,盲目扩大虚拟图像的视场,会使影像的颗粒感和纱窗效应(screen door effect)等负面影响明显。目前,VR设备的角分辨率普遍偏低,一般仅为十几个像素/($^\circ$)。平均亮度为几十个 cd/m^2 的虚拟显示图像,实际像素峰值亮度要高得多,引起观看者的视觉疲劳和不适。因而,在测量虚拟显示图像的光学参数时,应该采用与人眼空间分辨率相匹配的测量装置。

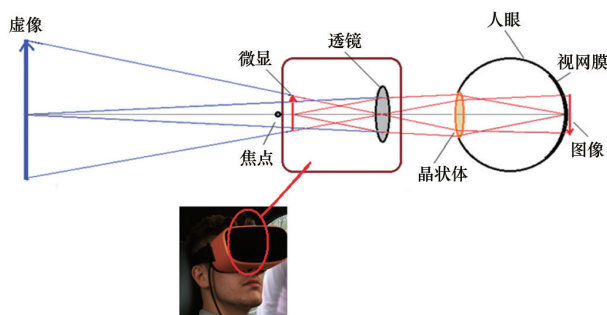


图3 虚拟成像示意

Fig. 3 Schematics of the virtual imaging

在使用虚拟显示设备时,人眼的瞳孔要位于显示设备的出瞳(眼盒)内时才能观看到整个虚拟图像,因此,测量仪器的入瞳与虚拟显示设备的出瞳相匹配时,才能接收到虚拟图像上的信号^[2-3]。另外,一些AR设备

的出瞳孔径可能很小,只有7~8 mm,若亮度计的入瞳孔径偏大,便无法准确测得虚拟图像的真实亮度^[4]。

2 模拟人眼的测量方法

针对AR/VR虚拟显示的成像特点,在光学性能和图像质量的测量中,应模拟人眼的特性进行测量。测量装置应模拟人眼瞳的孔位置、瞳孔大小、一致的空间角分辨率、中心视觉和旁视野空间响应等;同时,模拟人眼的明视觉光谱响应特性,如 $V(\lambda)$ 光谱光视效率函数, $X(\lambda)$ 、 $Y(\lambda)$ 、 $Z(\lambda)$ 颜色匹配函数,以及时间对比敏感度函数等。

图4为一种模拟人眼视网膜成像的虚拟图像光学测量系统。该测量系统的孔径光阑位于成像透镜的前焦点上,形成与人眼瞳孔一致的孔径光阑,保证测量过程中测量系统的入瞳始终位于虚拟显示设备的眼盒内;在测量任何距离的虚拟图像时视场角(FOV)保持恒定;采用光谱辐射度和电荷耦合元件(charge-coupled device, CCD)二维成像相结合的测试方式,模拟人眼中心明视觉感知和全视野感知特性,同时实现测量亮度、色度及图像角分辨率等参数。

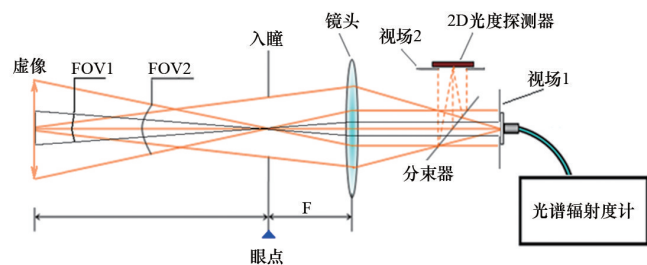


图4 模拟人眼成像的光学系统

Fig. 4 An optical measurement system to simulate eye's imaging

视场、眼盒、角分辨率、双目视差、虚像距离、中心亮度等一系列新的性能指标,成为了AR/VR虚拟显示设备的关键性能指标。模拟人眼成像的光学测试装置安装于两轴V-H旋转变角和XYZ三轴平移台上,模拟眼睛运动实现全视场测量、双目立体视觉的测量以及不同眼位的光学特性测试,如图5所示。

3 IEC 国际标准化

为满足虚拟显示产业发展需求,国际电子显示标

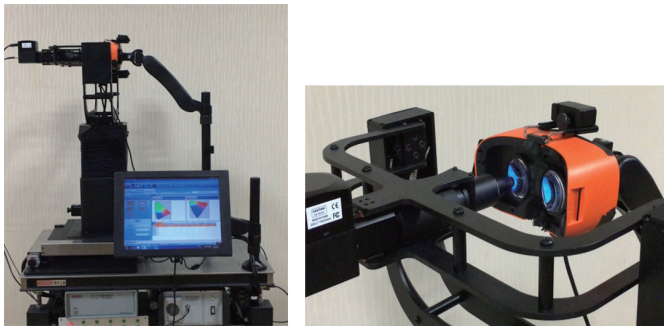


图5 AR/VR 光学性能测量系统

Fig. 5 Measurement system of AR/VR optical performance

准化委员会(IEC TC110)于2015年新成立“AHG-12 Eyewear display(EWD):眼戴显示”标准化特别工作组,针对各类虚拟显示头盔、VR眼镜,显示头环等眼戴显示产品制订相应的国际标准。

中国参与了国际标准化工作组的组建,在2015年AHG-12工作组第一次美国会议上报告了中国在AR/VR光学测量方法的研究经验,并在2016年10月德国法兰克福IEC TC110年度会议上,向IEC TC110技术委员会提交了“眼戴显示虚拟图像的光学性能测量方法”的标准提案,针对眼戴显示的光学性能评测提出了科学的量化方法。该提案在此次IEC会议上获得认可,同时确认由中国和日本负责该标准项目的起始准备工作。

2017年5月,在IEC TC110美国洛杉矶会议上,确定将AR/VR光学测量方法作为AHG-12标准工作的首要任务。2017年9月,在深圳召开的IEC TC110/AHG-12特别会议上,最终确认了IEC国际标准体系,其中第一个基础光学性能测量方法由浙江大学牟同升负责。

目前,经IEC TC110国际标准化技术委员会确认的AR/VR基本光学测量方法,包括光学性能和图像质量测量方法2方面。光学性能测量方法中的主要内容包括:亮度和均匀性、色度和均匀性、对比度、色域、FOV视场(单眼、双目、总视场)、眼盒、角分辨率^[3];图像质量测量方法包括:畸变、闪烁、跳动、颜色失真、分辨率MTF等^[4]。该标准的制定适应了产业需求,将为眼戴显示器件的光学性能和图像质量的评价和规范提供有效的解决方案。

2017年12月IEC TC110正式成立Eyewear Display标准工作组WG12,替代原AHG12临时特别工作小组。该工作组主要针对眼戴显示及其相关组件的术语定义、字符、基本额定值和特性、测量方法和可靠性规

范开展国际标准制定。目前该工作组由来自中国、美国、德国、日本、韩国、芬兰等国家和地区的38位国际标准专家组成,中国有8位专家参与。

经过近2年的讨论研究,针对产业界亟待解决的需求,目前IEC TC110 WG12已开展了5项AR/VR光学测量方法的国际标准化工作。

1) 眼戴显示第20-10部分,基本测量方法:光学性能(IEC 63145 eyewear displays part 20-10, Fundamental measurement methods: Optical properties)。

该标准项目由牟同升担任组长牵头制定。目前,该标准已经完成新标准提案(NP)投票,所有成员国全部赞成由中国负责。该标准主要针对AR/VR的光学特性标准测量条件和测量方法给出规定,标准范围覆盖采用虚拟显示光学元件的VR和AR眼镜,不包括视网膜激光投影显示。其测量指标包括亮度和均匀性、色度和均匀性、对比度、色域、FOV视场(单眼、双目、总视场)、眼盒、角分辨率等。

2) 眼戴显示第20-20部分,基本测量方法:图像质量(IEC 63145 Eyewear displays part 20-20, Fundamental measurement methods: Image quality)。

该标准由日本专家担任组长,牟同升担任该标准项目的副组长。目前,该标准已经完成NP投票,进入委员会草案(CD)阶段。该标准主要针对AR/VR图像质量的标准测量条件和测量方法给出规定,标准范围覆盖采用虚拟显示光学元件的VR和AR眼镜,不包括视网膜激光投影显示。其测量指标包括畸变、颜色误差、调制传递函数MTF、屈光度(虚像距离)、闪烁等。

3) 眼戴显示第21-20部分,VR眼镜的特殊测量方法:图像质量(IEC 63145 Eyewear displays part 21-20, Specific measurement methods for VR type: Image quality)。

该标准主要针对VR眼镜的图像质量规定相关的测量方法,由韩国专家提出评估项目提案(PWI)项目预研,并已针对该项目研究情况做了2次会议报告,目前还没有标准草案。

4) 眼戴显示第22-10部分,AR眼镜的特殊测量方法:光学性能(IEC 63145 Eyewear displays Part 22-10, Specific measurement methods for AR type: Optical properties)。

该标准针对AR眼镜的光学性能给出相关的标准测量条件和测量方法,由日本专家负责,目前该标准刚完成NP投票。

5) 眼戴显示第 22-20 部分, AR 眼镜的特殊测量方法: 图像质量 (IEC 63145 Eyewear displays part 22-20, Specific measurement methods for AR type: Image quality)。

该标准由牟希负责, 2017 年 12 月, 在 IEC TC110 年度大会上 PWI 新标准预研项目正式立项, 目前正开展标准的实验研究。该标准项目主要涉及 AR 增强现实眼镜的环境光对比度、色差、实景畸变、频闪效应、定位精度、MTF 等图像质量的关键指标。

当前, 各个国家都在积极争取虚拟显示国际标准的制定权, 以期在未来虚拟显示的国际产业舞台上获得更多话语权。中国已提前布局、规划在国际上拟争取的标准制定项目。在 IEC TC110 WG12 工作组成立初期就牵头了 3 项 AR/VR 光学评测方法的国际标准制定, 并在光学测量技术研究方面走在国际前列。在 AR/VR 国际标准中, 这些光学性能评价指标的出台, 将引导国际 AR/VR 技术研发的方向, 并为判断市场上的产品优劣提供了全球统一的标准。中国在国际标准化中的主导作用, 将为国内虚拟显示产业在国际竞争中发挥优势提供有力支撑。

4 结论

AR/VR 虚拟图像的成像显示方式与传统的 LCD 液

晶显示, OLED 有机发光显示等显示器件有较大不同, 针对其显示质量的光学性能与图像质量测量方法也有较大差别。在对 AR/VR 虚拟图像显示器件进行测量时, 应根据虚拟显示的成像方式, 通过采用模拟人眼入瞳、视野、视角方向及光谱响应等特性的测量技术有针对性地开展测量。随着 IEC TC110 WG12“穿戴显示”工作组的成立, 虚拟显示的国际标准化工作将会得到迅速开展, 预计在最近几年内, 针对 AR/VR 虚拟显示的光学性能及图像质量测量方法国际标准将会陆续发布, 进一步规范行业与市场。

参考文献 (References)

- [1] Walker R A. Optical systems for defining the viewing and measuring fields in luminance/radiance meters[J]. Applied Optics, 1972, 11(9): 2060-2068.
- [2] Mou T S. CIE x033-2008: Proceedings of the CIE expert symposium on advances in photometry and colorimetry[M]. Vienna: CIE, 2008.
- [3] Mou X, Xu C, Mou TS. P-87: A novel method for measuring optical performance of AR/VR displays[J]. Sid Symposium Digest of Technical Papers, 2017, 48(1): 1579-1580.
- [4] Oshima K, Naruse K, Tsurutani K, et al. 79-3: Eyewear display measurement method: Entrance pupil size dependence in measurement equipment[J]. SID Symposium Digest of Technical Papers, 2016, 47(1): 1064-1067.

Optical measurement of AR/VR virtual display and development of IEC Standards

MOU Xi¹, Venkat Venkataramanan², QIAO Bo², MOU Tongsheng³

1. Hangzhou SENSING Test Technology Co., Ltd., Hangzhou 311305, China

2. Zhejiang SENSING Optronics Co., Ltd., Huzhou 313216, China

3. College of Optical Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310007, China

Abstract In recent years virtual reality and augmented reality technologies have developed rapidly, yet the visual comfort, experience and practicality of virtual display still need improvement. How to evaluate and measure the key performance, such as optical performance and image quality of virtual display, is an issue of great concern to the industry. An AR/VR virtual image is different from the traditional display, such as LCD, and the measuring method is also quite different. Based on the imaging mode of virtual display, this paper presents the measurement technology to simulate human eye pupil, vision, angle of view and spectral response. The progress of the international standardization of AR/VR virtual display optical measuring methods is introduced as well in combination with the standardization work by the IEC TC110 WG12 "Eyewear display" working group.

Keywords AR/VR; eyewear display; virtual imaging; optical measurement; standardization ●



(责任编辑 刘志远)