

· 光学设计 ·

基于鱼镜头的全景辅助驾驶系统研究

李鸿鹏

(中国电子科技集团公司光电研究院, 天津 300308)

摘要: 根据全景辅助驾驶系统的要求,设计了一种非球面鱼镜头,确定了鱼镜头的设计参数和光学材料,构建了鱼镜头的初始结构,通过对鱼镜头的像差校正及优化设计,给出了鱼镜头的设计结果。将设计的非球面鱼镜头、畸变校正算法和整体硬件进行实现与验证,集成到车辆辅助驾驶全景显示系统中,通过对多个镜头采集的图像进行合成并进行了实际应用验证。结果表明,系统应用良好。

关键词: 辅助驾驶;全景;鱼镜头;投影变换

中图分类号: TH744

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2018)-03-0010-03

Research on Panorama Assistant Driving System Based on Fish Eye Lens

LI Hong-peng

(Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300308, China)

Abstract: According to the requirements of panorama assistance driving systems, a non-spherical fish eye lens is designed. The design parameters and optical materials of the lens are determined, and the initial structure of the lens is built. Through the aberration correction and optimization design of the lens, the design results are given. The designed non-spherical fish eye lens, distortion correction algorithm and overall hardware are implemented and verified to integrated with the panoramic display driver assistance system. The images captured by multiple lenses are synthesized and applied, and the experimental results show that the system has good application.

Key words: assistant driving; panorama; fish eye lens; projection transformation

由于现在中国大城市的发展,越来越多的行人和机动车的高速增长的存在,而城市停车位建设相对落后等客观因素和预期矛盾不断增长的困难问题,传统的驾驶者辅助系统已不能满足现代中国道路交通的需求^[1]。为了弥补这些差距,为了持续改善驾驶安全推动交通安全发展,汽车司机的全景辅助系统需要越来越强烈。此系统在机动车周围按照摄像装置,通过对实时视频图像使用图像处理算法进行拼接处理,最终提供给驾驶员机动车360°的全景图像视频视图。通过全景车辆辅助系统可以消除机动车行驶时的盲点,司机可以很直观的实时了解车辆周围的情况^[2]。该领域的研究现在

已经的到越来越广泛的认可,拥有着广泛的研究与实际应用价值。

1 全景辅助驾驶系统镜头设计

全景车辆辅助驾驶系统使用的镜头是一种鱼镜头。通常来说,鱼镜头是一种相对其他种类镜头而言极端的广角镜头,鱼镜头也称全景镜头^[3]。在摄影视频领域,一般认为16 mm或焦距更短的镜头是鱼镜头,但是在工程上,工程技术人员将视角范围超过140°的镜头都叫做鱼镜头^[4]。不但有视角达到180°的鱼镜头,而且在实际工程应用中

收稿日期: 2018-05-23

作者简介: 李鸿鹏(1986-),男,辽宁锦州人,硕士,主要研究方向为光学工程。

也有视角超过180°甚至达到270°的鱼镜头。

通过360°拼接的鸟瞰图像展现机动车周围状况的。该系统使用的镜头是视角大于170°的鱼镜头,摄像头采集的视频分成三个过程进行处理:鱼镜头的失真校正图象,虚拟图象缝纫投影变换和合成^[5]。由于广角鱼镜头的视角几乎是180°,该镜头可视角度可以覆盖镜头前镜片的半球范围,因此不能使直接用鱼镜头针孔相机投影模型,需要对其进行失真校正。该鱼镜头的设计流程包括外形尺寸计算、初始结构的计算选择和像差的校正平衡三个主要部分。全景辅助驾驶系统使用的镜头的前镜片是呈抛物线状向镜头前部凸出。因为该类镜头的形状与鱼的眼睛相似,所以被命名为“鱼镜头”,鱼镜头的视觉效果和鱼在水中观察水面上事物比较相像,如图1所示^[6]。

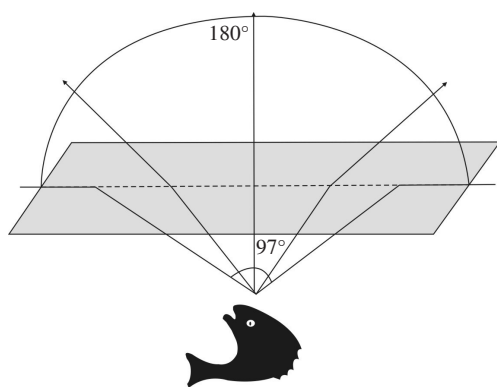


图1 鱼眼视觉效果

当水中的鱼在贴近水面的位置向水面外观察时,其观察的视角可以达到近180°^[7]。这种超广角的视觉现象在光学中属于光的全反射和光路可逆原理部分,在自然界中鱼通过他来躲避天敌,在工程中主要利用其超广角的特性。光路图如图2所示。

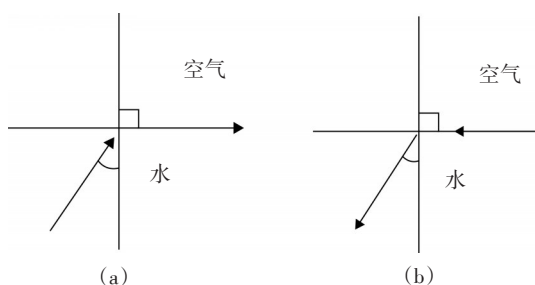


图2 全反射(左)和光路可逆(右)

全景辅助驾驶系统需要超广角的镜头,而鱼镜头是一种符合全景辅助驾驶系统需求的特殊镜头,但是鱼镜头在成像时因为现实生活中的物体是有固定形状的,而全景辅助驾驶系统通过鱼镜头产生的直接画面效果超出了人们日常认知这一范畴,所以需要全景辅助驾驶系统的镜头进行合适的模型设计,通过计算来确定鱼镜头像点的准确位置^[8]。由光学原理可知折射率公式为

$$n \sin i = n' \sin i' \quad (1)$$

在空气中 $n=1$ 。当入射角 $i=90^\circ$ 时,

$$i' = \arcsin \frac{1}{n} \quad (2)$$

由于鱼镜头本身特点所定,其镜头的前表面的曲率半径是非常大的,如若将全景辅助驾驶系统的鱼镜头外凸的前面和眼前的空气看成整体当作负透镜,该鱼眼透镜将会有绝对值非常的负光焦度,这是鱼镜头的最突出特点。通过借鉴光学仿生学原理,鱼镜头的设计其领域的重大突破,在工程应用领域,工程技术研发人员借鉴鱼类在水中仰视水面之上半球空域的视觉原理,使用光学工程技术设计出符合工程应用的鱼镜头,并通过对其设计的改进,应用其成像,鱼镜头能够获得半球甚至超半球空域的范围图像^[9]。鱼镜头为使入射镜头的光线强度能够足够大,通常将其前置透镜的前表面进行改进,将其设计为凸面并进一步的增大后曲面的曲率,保证鱼镜头在原有光焦度不变的情况下,增强性能,这样鱼镜头前镜片就形成一种弯月形的透镜。如图3所示。

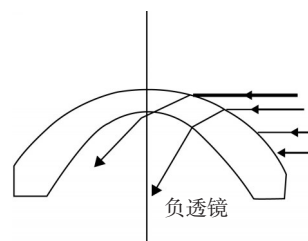


图3 弯月形透镜

鱼镜头的弯月形透镜是作为该镜头第一个镜片,在弯月形透镜后面需要增加一定数量的透镜后组成鱼镜头的透镜组,这些透镜的作用是为了确保弯月形的第一透镜能良好进行聚焦^[10]。通过对鱼镜头结构的分析,可以总结其普遍结构特征:鱼镜头的透镜前组光焦度为负,镜头后组光焦度为正,这可以加大同焦距但是不同类型鱼镜头

头的后工作距离。全景辅助驾驶系统的鱼镜头具有广角和短焦的特点。

图4为鱼镜头结果图,图4a为全景辅助驾驶系统鱼镜头基本结构系统图,图4b为镜头结构。

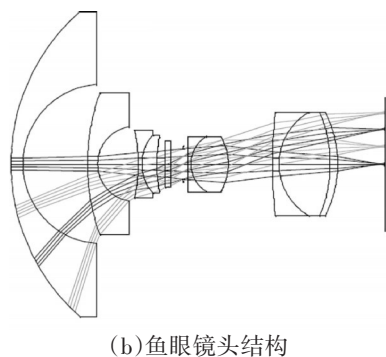
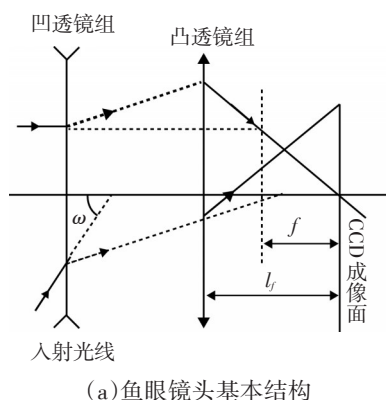


图4 鱼镜头结构图

2 系统实现与验证

全景辅助驾驶系统仿真使用选取四个鱼镜头同一时刻的监测到的4幅图像,如图5所示。

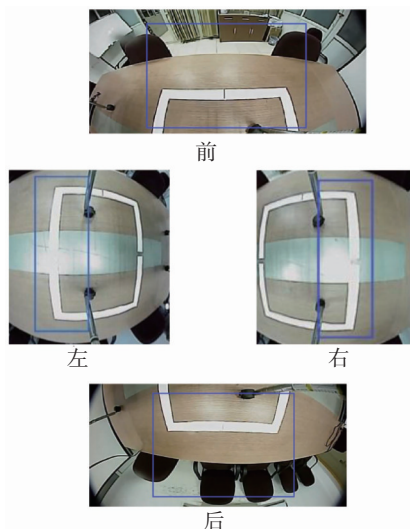


图5 系统监测图像

从图5可以看出监控的原始图像变形严重,无法直接使用。需要全景辅助驾驶系统对其进行处理。

全景辅助驾驶系统对四个鱼镜头采集监测到的图像进行畸变校正,结果如图6所示。

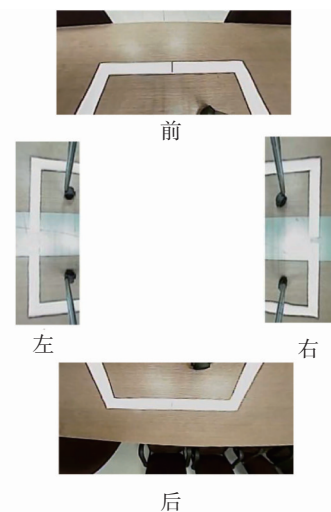


图6 系统监测图像校正结果

全景辅助驾驶系统对前后图像处理,需要获得校正后的监测透视图像。对其进行俯视投影变换,全景辅助驾驶系统的前后图像转换为俯视图。全景辅助驾驶系统再建一个矩形虚拟机动车,将图像配准融合板上,生成全景辅助驾驶系统的全景鸟瞰图,如图7所示。



图7 全景辅助驾驶鸟瞰图

3 结论与展望

根据对车辆辅助驾驶系统的需求分析,设计适
(下转第16页)

向的 M^2 因子为1.21。

参考文献

- [1] Faist J, Capasso F, Sivco D L, et al. Quantum cascade laser[J]. Science, 1994, 264: 553-556.
- [2] Mujagic E, Schwarzer C, Yao Y, et al. Two-dimensional broadband distributed-feedback quantum cascade laser arrays[J]. Applied Physics Letters, 2011, 98(14): 141101.
- [3] Miriam Serena Vitiello, Giacomo Scalari, Benjamin Williams, et al. Quantum cascade lasers: 20 years of challenges[J]. Optics Express, 2015, 23(4): 5167-5182.
- [4] Bloom G, Larat C, Lallier E, et al. Passive coherent beam combining of quantum-cascade lasers with a Damman grating[J]. Optics Letters, 2012, 36(19): 3810-3812.
- [5] Chann B, Huang R K, Missaggia L J, et al. Near-diffraction-limited diode laser arrays by wavelength beam com-

binning[J]. Optics Letters, 30(16): 2104-2106.

- [6] Alfredo Bismuto, Stephane Blaser, Romain. High performance, low dissipation quantum cascade lasers across the mid-IR range[J]. Optics Express, 2015, 23(5): 5477-5484.
- [7] Andrew Sijan. Development of military lasers for optical countermeasures in the Mid-IR[J]. Proc of SPIE, 2009, 7483: 748304.
- [8] Arbabi Amir, Ryan M Briggs, Horie Yu, et al. Efficient dielectric metasurface collimating lenses for mid-infrared quantum cascade lasers[J]. Optics Express, 2015, 23(26): 33310-33317.
- [9] YU Nan-fang, Laurent Diehl, Ertugrul Cubukcu, et al. Near-field imaging of quantum cascade laser transverse modes[J]. Optics Express, 2007, 15(20): 13227-13235.
- [10] 曹丹丹, 谭中伟. 基于虚像相位阵列的锯齿形滤波器研究[J]. 光电技术应用, 2018, 33(1): 10-15.

(上接第12页)

合车辆辅助驾驶系统使用的非球面鱼眼镜头。对整个车辆辅助驾驶系统的设计进行了深入的研究。根据车辆辅助驾驶系统镜头使用要求确定了鱼眼镜头的设计参数和光学材料, 构建了该镜头的初始结构, 再通过对镜头的像差校正对其进行优化, 得到优化后的镜头结构与参数。由于镜头设计采用了非球面设计不但能减少镜片使用数量, 而且简化了镜头的结构, 可以在保证成像质量的前提下降低镜头的成本。整个光学系统的结构非常简单、镜头体积小且系统成像质量比较好。针对鱼眼透镜成像时产生严重的畸变的问题, 结合整个系统的需求进一步研究了系统的鱼眼镜头畸变校正算法, 构建出一种有效适用于车辆辅助驾驶系统的鱼眼镜头畸变校正算法。通过该算法可以将鱼眼镜头拍摄的畸变图像校正为无畸变图像, 便于车辆辅助驾驶系统适用。集成到车辆辅助驾驶全景显示系统中, 通过对多个镜头采集的图像进行合成并进行了实际应用验证, 结果表明系统应用良好。

参考文献

- [1] 敖谷昌, 杨利. 机动车驾驶员人为因素与交通事故危害

性关联分析[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2010, 29(1): 1-3.

- [2] 李淑庆, 彭囿朗, 肖莉英, 等. 道路交通事故发生机理研究现状与趋势分析[J]. 安全与环境学报, 2014, 14(3): 14-19.
- [3] 吕婷婷, 钱勇生, 曾俊伟. 中国和美国道路交通事故数据对比研究[J]. 城市道桥与防洪, 2015, 10: 61.
- [4] 袁佑新, 吴妍, 刘苏敏, 等. 可视汽车倒车雷达预警系统设计[J]. 汽车电子, 2012, 23(2): 268-270.
- [5] 烁华, 冯桑, 康迂福. 倒车辅助系统的技术的发展[J]. 汽车与配件, 2010, 42: 40-43.
- [6] 葛晓宇, 刘恒. 倒车辅助系统研究分析[J]. 轻型汽车技术, 2012(4): 26-19.
- [7] 刘铁军. 汽车全方位视觉传感器倒车辅助装置的设计[J]. 电工技术理论与实践, 2015(7): 79.
- [8] 朱利娜. 基于单片机的超声测距倒车雷达的研究[J]. 单片机开发与应用, 2011, 23(8): 110-113.
- [9] 李雁斌. 基于全方位视觉的车载嵌入式航标跟踪系统[D]. 天津: 天津大学, 2009.
- [10] 丁鑫. 全景视觉泊车辅助系统研究[D]. 杭州: 浙江大学信息与电子工程学系, 2010.