

· 资助成果 ·

航空器低能见度进近着陆助视引导关键问题的研究

游志胜¹ 程鹏^{2*}

1. 四川大学 计算机学院, 成都 610065
2. 四川大学 空天科学与工程学院, 成都 610065

[摘要] 航空器在低能见度下的进近和着陆一直是航空领域未能很好解决的难题,亦是航空运输实现“全天候运营”的技术关键之一。作为攻克这一世界难题的第一步,笔者和团队于2008年获得了国家自然科学基金民航联合研究基金重点项目“低能见度进近着陆助视引导系统基础理论与关键技术”(60736046)的资助。本文回顾了项目实施和成果等情况,并对未来进行了展望。

[关键词] 民航联合基金;低能见度;进近着陆

1 立项背景

20世纪90年代,笔者和时任中国民航大学校长杨国庆教授共同负责了国家自然科学基金重点项目“新一代空中交通管制系统中关键技术的研究”(编号:69732010)。项目在空管系统关键技术的几个重要方面取得突破,打破西方对我国自主建设空管系统的限制,在我国民航、军航都取得重大应用。相关成果获得2005年度国家科技进步一等奖。笔者个人也因此奖项被连续两任国家民航局局长聘为“中国民航特聘专家”。其中,第一位局长还专门约笔者谈话,鼓励笔者瞄准中国从民航大国向民航强国发展的重大需求持续创新。飞行员出身的这位局长还向笔者提出了一项具体任务,即攻克世界航空领域一直未能很好解决的“航空器低能见度下的进近和着陆”难题。作为攻克这一世界难题的基础,笔者和团队获得了国家自然科学基金民航联合研究基金重点项目“低能见度进近着陆助视引导系统基础理论与关键技术”(编号:60736046)资助。

2 创新思路

航空器低能见度进近着陆是航空运输实现“全天候运营”的技术关键之一。航空界已经开发了各



游志胜 四川大学杰出教授、博士生导师,四川大学国防科技研究院副院长,国家空管委国家空管高级顾问,四川大智胜软件股份有限公司董事长。长期从事计算机应用技术研究,在空中交通管制核心技术、多传感器信息融合技术、多源图像序列实时融合等方面有多项重大创新。牵头组建了“国家空管自动化系统技术重点实验室”“视觉合成图形图像技术国防重点学科实验室”。以第一完成人获国家科技进步一等奖1项、二等奖3项、何梁何利科技进步奖等。



程鹏 四川大学副教授、博士生导师,中国图象图形学学会理事。主要研究方向为图形图像处理、人工智能等。

种探测技术、定位技术和引导技术来解决这一难题。国际民航组织 ICAO 已经把仪表着陆系统 (Instrument Landing System, ILS) 作为“盲降”标准进行推广,这极大地推动了航空运输向“全天候”迈进。然而问题并未真正得到解决,因恶劣天气关闭机场取消航班的现象仍然普遍存在,因进近着陆时能见度太低而造成航空器机毁人亡的重大事故时有发生。如2002年国航釜山空难、2010年波兰总

收稿日期:2020-12-31;修回日期:2021-05-24

* 通信作者,Email:14234848@qq.com

本文受到国家自然科学基金项目(60736046)的资助。

统专机俄罗斯斯摩棱斯克空难等,都与进近着陆时能见度太低有关。前文提到的那位飞行员出身的国家民航局局长告诉笔者,虽然自己有几十年的驾驶大型民航客机的经验,但要在茫茫大雾中按照盲降系统微波波束的引导,驾驶载有数百名乘客的客机“撞向”地面,内心十分紧张。而紧张会引发操控失常,造成事故风险。他从切身体会中给研发团队提示了创新的方向,即从视觉辅助出发,让机长在低能见度下进近着陆时,能看见如同在晴好天气下、一模一样的动态场景。用当前时髦技术语言来说,这是一个“数字孪生”问题。

3 关键技术

要让机长在低能见度下进近着陆过程中看到和晴天天气下一模一样的动态视景,需要解决 5 个技术问题:

- (1) 航空器自身的精准定位(位置、高度、姿态);
- (2) 进近着陆过程中的动态视景生成;
- (3) 虚拟视景的可信度校正;
- (4) 活动目标探测和重建;
- (5) 合成视景在机长前挡风玻璃上呈现。

现代民航客机自身能提供精准定位从而解决问题(1),困难在于在当前我国大客机都是美欧引进的情况下,如何从飞机上实时读取定位数据。民航目前已有解决办法。问题(2)是典型的虚拟现实问题,不存在实质性技术困难。真正的技术难点在问题(3)和问题(4),将分别在 3.1 和 3.2 节介绍。问题五可用飞机和高档汽车抬头显示“Head-Up Display (HUD)”技术解决。

3.1 虚拟视景的可信度校正

虚拟视景的可信度至关重要。例如:航向前方有一个小山包,按预测航迹是飞不过的,可是在虚拟视景中看起来是能够飞越的,这就有可能引发飞机撞山事故。解决的办法是用真实的三维传感器来校正虚拟生成的地形景物。穿雾能力较强的三维传感器包括激光三维成像仪、毫米波雷达和激光雷达等。后两种传感器因开始在无人驾驶汽车上大量使用,因而成本下降很快。目前缺点是探测距离较短。基于光点飞行时间(Time of Flight, ToF)的激光三维成像仪是最优的选择之一。

3.2 活动目标的探测

航空器进近着陆过程中可能看到的活动目标主要是近空中的航空器,滑行道和跑道上的飞机和车辆。这些目标有一个共同特点就是发热量大。适合

用高灵敏度的红外热磁传感器来探测,如图 1 所示。

4 飞行实验

在增强视觉系统(EVS)研究方面,研制了具有较强穿雾能力的红外热成像传感器,并在可见光去雾、红外与可见光图像配准融合等算法上取得了系列突破。基于上述研究成果,研发了实时增强视觉系统的原理样机,其各项性能指标满足航空应用要求,可以用于低能见度下的飞机进近着陆助视引导,也可用于机场场面飞机起降、车辆运行监控。

项目组于 2009 年底在中国民航飞行学院绵阳机场进行了两次飞行试验,获取了低能见度下航空器进近着陆的可见光、红外视频和 GPS 数据。2011 年,项目组改进了红外摄像机,购置了高精度 GPS/陀螺仪设备,利用自行研制的嵌入式 DSP 图像采集设备,构建了同步采集可见光、红外视频、GPS/陀螺仪数据的试验装置。在中国民航飞行学院新津机场进行了飞行试验,获取了时间同步的可见光、红外视频和 GPS/陀螺仪数据。试验是在中国民航飞行学院的单引擎教练机上完成的(飞机型号为 Cessna172)。视频传感器为红外热成像仪和光学摄像机,吊挂在飞机左机翼支撑架下方,如图 2 所示。图 3 为增强视觉效果。



图 1 成都双流机场大雾中的飞机



图 2 机载试验设备安装示意



图 3 低能见度飞机进近着陆增强视觉效果(红框内为跑道)

5 研究主要成果

在合成视觉系统(SVS)研究方面,通过三项发明,构建了一个完整穹顶虚拟空间,并在任意光滑曲面上实现了虚实合成。该穹顶虚拟空间投影屏幕直径13米,高6.4米,由24个异形投影曲面组成。其大面积、多重重叠、不规则光滑曲面、异形重叠投影区域的几何校正、边缘融合和色彩校正是一项国际难题。同时,校正运算量大,需要对几十个高清投影图像按每秒60帧的帧率用软件进行实时校正,图像运算量和难度都极大,每秒钟需用软件对20亿像素点进行复杂的三种校正运算。课题组经反复研究探索,实现了多个原创性技术创新,包括:发明“基于通用云台计算机可控制经纬度测量设备的精密化测量方法”,解决了非规则光滑曲面投影空间的快速自动标定问题(发明专利号:ZL200910058008.2);发明“独立于几何校正的任意光滑曲面屏幕多投影仪显示墙色彩校正方法”,解决了投影空间上数千万像素点色彩(亮度)校正参数快速测定问题(发明专利号:ZL200910058009.7);发明“基于计算机视觉精密测量多投影视景自动几何校正和拼接方法”,通过全局优化,解决任意形状的多重重叠区域的自动无缝融合问题(发明专利号:ZL200910058010.X)。通过上述发明构建的穹顶虚拟空间,提供了一个具有很强



图4 2010年度四川省科技进步一等奖(左)、2013年度国家科技进步二等奖(右)

沉浸感的虚实合成的虚拟机场环境,可用于低能见度下的机场场面监视、低能见度下飞机进近着陆虚实合成的训练等。该成果“虚拟机场”获2010年度四川省科技进步一等奖,基于该成果的“面向高端训练和体验服务的全景互动视觉合成技术与应用”获2013年度国家科技进步二等奖。

6 总结与展望

5G时代来临,地—空宽带通信难题得到解决,在上述联合基金项目成果的基础上实现基于数字孪生技术的低能见度进近着陆的条件已经成熟,这必将成为从民航大国向民航强国迈进的一项标志性成果。

Research on the Key Problems of Visual Aid Guidance for Aircraft Approach and Landing in Low Visibility

You Zhisheng¹ Cheng Peng^{2*}

1. College of Computer Science, Sichuan University, Chengdu 610065

2. College of Aeronautics and Astronautics, Sichuan University, Chengdu 610065

Abstract The approaching and landing of aircraft in low visibility have always been a difficult problem in the aviation field, and they are also the key technologies to realize “all-weather operation” of air transportation. As the first step to overcome this world problem, my team and I were supported by the key project of civil aviation joint research foundation of National Natural Science Foundation called “Basic Theory and Key Technology of Low Visibility Approach and Landing Guidance System” (60736046) in 2008. This paper has reviewed the implementation and achievements of the project, and looked forward to the future development in this field.

Keywords Joint Fund for civil aviation; low visibility; approaching and landing systems

(责任编辑 刘敏)

* Corresponding Author, Email: 14234848@qq.com