

驾驶舱机组人员自动化系统项目综述

徐新丽¹, 缪建成²

(1. 中国航空无线电电子研究所, 上海 200241;

2. 海装装备项目管理中心, 北京 100074)

[摘要] 随着自动化技术的广泛发展和应用, 驾驶舱实现无人化将成为未来发展的趋势。但现阶段自主技术的发展和安全性水平使得军用直升机的驾驶飞行仍需飞行员的参与控制。而且, 受飞行员生理极限等因素的限制, 有人直升机在作战时间、出动架次等方面存在很多局限。为此, 美国国防部及工业界积极开发自主技术。

“驾驶舱机组人员自动化系统 (ALIAS)” 项目就是其中之一。该项目将自主技术用于现役的有人驾驶飞机, 降低机组人员的工作负荷和提高安全性, 同时减少执行任务的机组人员的数量。该项目经飞行演示验证在一定程度上缓解了飞行员的工作强度。

[关键词] 驾驶舱; 自动化技术; 自动化系统

[中图分类号] V328

[文献标识码] A

[文章编号] 1006-141X(2020)04-0032-06

Introduction to the project of Aircrew Labor In-Cockpit Automation System

XU Xin-li¹, MIAO Jian-cheng²

(1. China National Aeronautical Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200241, China)

Abstract: With the rapid development of automation technology, the aircraft autopilot will become a development tendency in the future. Currently, military aircraft have more automated capabilities, improved mission performance and aircraft safety, which requires pilot involvement. Moreover, pilots are usually under various mechanical load during flight, which can make physical affection and even bring them injuries. Due to the psychological factors, there are many limitations in combat time and sortie number. To help overcome these challenges, DARPA and industry are working on automation technology. The project Aircrew Labor In-Cockpit Automation System (ALIAS) is one of them. It aims to reduce the workload and improve safety as well as decrease the number of crew. The flight demonstration has been proved to relieve the workload of crew in a certain extent.

Key words: cockpit; automation technology; automation system

收稿日期: 2020-05-26

引用格式: 徐新丽, 缪建成. 驾驶舱机组人员自动化系统项目综述 [J]. 航空电子技术, 2020, 51(4): 32-37.

目前,军用飞机已融合很多自动化能力,以提高任务的安全性和成功率。然而面对复杂的飞机界面和紧急情况,操作人员也难以做出有效反应。虽然航空电子设备和软件有所升级,但每架飞机高达数千万美元的高昂改进成本限制了新型自动化能力的开发、测试和部署。

为此,2014年国防部预先研究计划局(DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency)启动了“驾驶舱机组人员自动化系统(ALIAS: Aircrew Labor In-Cockpit Automation System)”项目,为直升机和固定翼飞机开发自动驾驶技术,由该自动化系统完成从起飞到着陆的航路规划、避障、着陆点选择、自主起降等整个任务的执行,甚至飞机系统故障等意外事件的处理,从而降低驾驶舱人员工作负荷。

ALIAS的目标是通过机器自动化来帮助飞行员驾驶,而不是让飞行完全自动化,支持机组人员舱内自动驾驶,该系统将在人工驾驶与计算机和传感器之间建立一种更为紧密的联系。



图1 ALIAS 概图

1 项目要求和关键技术

ALIAS项目将发展一种可定制、可拆卸、快速配置和安装的自动飞行系统,并能通过人机接口与飞行员流畅交互。未来的飞行员将能够在任务规划、军事战术指挥等复杂任务角色上集中更多的注意力,而ALIAS系统将完成起飞、巡航、避障、降落等飞行操作,另外也能纠正飞行员的失误、与人类协商规划飞行方案。

该项目的目标是建立一个能够实现在多型飞机上快速安装和集成、具备自主执行从起飞到降落的简单任务能力的系统,包括可安装在80%的军用固定翼和旋翼平台以及相关民用平台上;全面覆盖典型的飞行任务和应急程序;拥有冗余设计和软件保障设计;可在现役飞机上快速集成最新应用,包括第三方算法。项目的核心目的是通过人机接口在有人机上应用无人机领域的最新成果,让人类飞行员

与拥有“自主能力”的计算机进行流畅的交互。

项目有三个关键技术领域:

(1) ALIAS飞机接口。尽可能减少ALIAS系统嵌入飞机复杂程度,以加速自动化技术的研发与使用。通过可安装的驾驶舱内系统,从起飞到着陆实现自动化飞行操作;

(2) 获取飞机操作知识。采用核心飞行控制器和机器助手掌握程序知识化;

(3) 人机接口。使飞行员能快速进行任务监控和重新安排飞行路线或规划任务。

项目分为三个研发阶段:

(1) 第一阶段开展概念设计,并在地面飞行模拟器上验证系统架构;

(2) 第二阶段将使第一阶段的成果更加成熟,增强人机界面的可用性和鲁棒性,以及地面演示系统的可靠性,以支持飞行试验;

(3) 第三阶段将开展包括从起飞、着陆、出现紧急状况在内的全自动化飞行演示,并验证系统移植到其他飞机上的能力。

2 ALIAS 的设计方案

极光飞行科学公司和西科斯基飞机公司参与了该项目的竞标,两家公司采取了截然不同的方式。极光飞行的解决方案是制造了相当于人类副驾驶员的机械臂,该机械臂可以实际操作飞机,并且其空间占用率被尽可能降到最低。机械臂的使用有助于人类飞行员更加关注“高认知负荷情形”。

而西科斯基则将操作驱动元件安装在机体内部仪表盘背面和地板下方,避免了机械臂占据空间。如果有需要,飞机还是可以交由两名人类飞行员驾驶。在项目每一阶段,都会对ALIAS系统进行改进升级,以实现更加精确的操控和便捷的人机交互。

2.1 极光公司的ALIAS系统的关键组件

极光公司的ALIAS系统的关键组件包括:基于平板电脑的用户界面、驾驶舱内机器视觉、用于驱动系统的非侵入式机器人组件(机械臂)以及一套将自动系统安装到飞机上所需的“知识获取”流程。

(1) 驾驶舱用户界面和视觉感知系统

极光公司采用联网的、易于使用的机载平板电脑,飞行员和自动化系统之间可实现清单监控、移

动地图、语音识别和合成、系统和飞机状态观测等交互,以及飞行员和自动化系统之间的任务分配。

极光公司开发了一套视觉感知系统,能够测量和监控所有关键任务要素,如空速、高度、燃油状况和任务意图等,具备监视仪表和向飞行员告警的能力,甚至可以跟踪飞行员姿态和反应,通过对飞行员控制动作的测量来确定飞行员的注意力集中程度。视觉摄像机包含四个摄像头,安装于仪表面板上,用于读取仪器面板和监视仪表的数值,以及开关控制按钮的位置,然后将这些信息数字化并传送给控制系统,可非侵入式感知飞机的状态。该感知系统将来的自动化能力要达到能够处理意外情况和对输入的各种复杂信息进行分类并将其过滤成人类容易理解的形式。

(2) 机械臂机器人驱动组件

极光公司采用机械臂机器人移动控制杆。机械臂机器人拥有六自由度,可在控制指挥下像人类一样操纵飞机,包括使用驾驶杆、杆盘、方向舵脚蹬和油门杆等。飞行时,飞行员通过平板电脑为控制系统下指令,机械臂机器人的动作如果和飞行员的操作冲突可自动撤回。除了通过平板电脑,飞行员也可通过语音与 ALIAS 系统交互,后者会提醒前者操作失误和警告意外情况。可完全根据用户需求进行设计,并可根据特定的飞机或者应用进行定制。

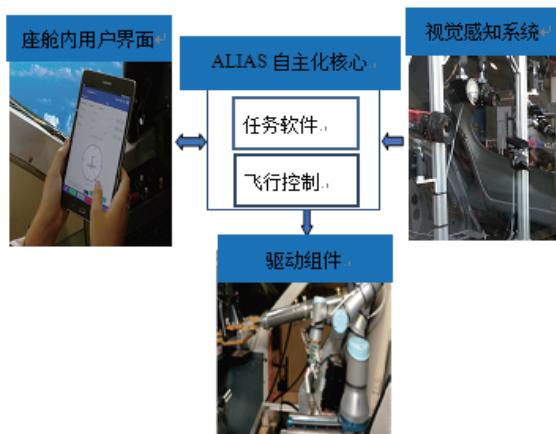


图 2 ALIAS 系统的关键组件

(3) “知识获取”系统架构

建立一个机器人副驾驶需要关注不同的问题,如感知、驱动、操作和飞行安全,而且飞行中需要不断适应环境、机组人员和形势的变化,机器人和人类副驾驶需要协同知识来适应各种情况。因而主

要目标是开发一种可推广和可扩展的方法来管理机器人系统所需的知识,使其作为副驾驶可操控多种类型的飞机。该自动化系统将设计为可快速卸装和插接到不同飞机中的模式,通过知识获取系统,将信息反馈到 ALIAS 系统。DARPA 要求“知识获取”流程在 30 天内扩展到不同的、不确定机型的飞机上。

知识来源有飞行操作手册、FAA 规章和程序、本地航路规则、气候相关产品 and 飞行员须知 (NOTAMs)。但许多与飞行相关的任务都没有文档记录,例如,无线电调频、导航设备配置、空中交通管制通信处理,甚至飞机状态的定期报告等。这些常规任务很容易被忽视,但却是驾驶舱内工作的重要组成部分。除此之外,还有任务级知识,特别是军事领域的知识。专业飞行员掌握的知识是另一项未归档的知识来源,许多关键的操作标准只有这些受过高度训练的专业人员才知道。这就需要将这关键知识形式化,使其能被机械臂机器人和人类操作员所共同使用。

2.2 西科斯基公司的关键技术和组件

(1) “MATRIX 技术”

西科斯基飞机公司于 2013 年自筹经费开展“西科斯基自主性研究飞机”(SARA)项目,在该项目下开发的“MATRIX 技术”在已经电传操控的 S-76 民用直升机上验证了软件的可靠性和精准控制。“MATRIX 技术”是可扩展型自动化系统,包括外部传感器、高性能计算机、致动器、先进的优先飞行控制规则、路径规划算法和飞行员界面,能替代飞行员进行操纵,甚至实现无人驾驶。安装于 SARA 飞机上的 MATRIX 自主软件和硬件可以完成以下各种程序:

(a) 自主起降:直升机自动执行起飞,到达目的地并自动降落;

(b) 避障:直升机安装了激光雷达和摄像机,能够检测和避开未知物体,如电线、塔楼和行驶中的车辆;

(c) 自主选择着陆点:直升机通过安装的激光雷达传感器可确定安全着陆点;

(d) 等高线飞行:直升机可以贴近地面飞行。

在“MATRIX 技术”基础上,西科斯基开发了 ALIAS 并增加了探索自主技术在固定翼飞机上的应用,开发适用不同平台的软硬件,为直升机和固定

翼飞机开发自动驾驶技术,由 ALIAS 完成航路规划、避障、着陆点选择、自主起降等。

(2) 平板电脑用户界面

平板电脑具备可视化的触摸显示屏,所有飞控指令都以代码形成的应用程序直观展现在触摸屏上,作为 ALIAS 系统的一个子系统可用其操控直升机,飞行员只需点击平板电脑的预设程序软件,软件即可将飞行员指令传输给飞机操作系统,从而控制直升机飞行。ALIAS 系统利用数据库和传感器提供的态势感知数据,在与飞行员通过平板电脑交互后,自动完成任务规划和飞行控制。飞行过程中,飞行员还可通过安装在右窗边的六自由度空间鼠标调整飞行器的位置。另外,地面人员也可使用平台电脑控制飞机。

以计算机实现感知、学习、抽象、推理等人类大脑的功能,目前主要有两种算法方式:基于模型和基于数据。基于模型的算法具有准确的建模和计算,比基于数据的计算结果更具确定性。因而,西科斯基在 ALIAS 项目中使用传统的基于模型算法软件,以提高系统的可靠性和飞行员对其的信任程度。项目的其它几个要求,如自动起飞和着陆、避障、自动选择着陆区以及等高线飞行等,西科斯基认为实现这些功能所需要的建模和软件系统“并不十分复杂”,也不用太多的数据来参考,因此也采用传统方式来完成目标。



图3 ALIAS 平板电脑界面

(3) 新型飞行控制器

西科斯基开发了新的飞行控制系统,以便将西科斯基公司的“MATRIXT 技术”整合到每架飞机上。该系统类似操纵杆,通过与平板电脑配合使用,可快速实现多种类型的精确控制,如飞行期间动态重规划等,控制系统的右侧杆可操作纵向运动和空

速,左侧杆可控制垂直和偏航。同时,在驾驶舱中安装了摄像头以读取仪表数据和开关位置,还配装了 UTC 航宇系统公司的激光雷达和短波红外线传感器。在开始参与 DARPA 的 ALIAS 项目时,西科斯基为 PA-30 “科曼奇”和 UH-60A “黑鹰”开发了转换工具包。所设计的新型飞行控制系统将验证两种解决方案——嵌入式解决方案和集成式解决方案。

PA-30 工具包在模拟器上验证了嵌入式解决方案。在该组件中,移除了副驾驶座位而代之以一个包含航空电子设备和机电致动器的机架。如图4所示,副驾驶的驾驶杆被移除,取而代之的是一个连接到 EMA 的机械连接系统,执行完成副驾驶的 control。该方案需要更多的时间对每架飞机进行改装。

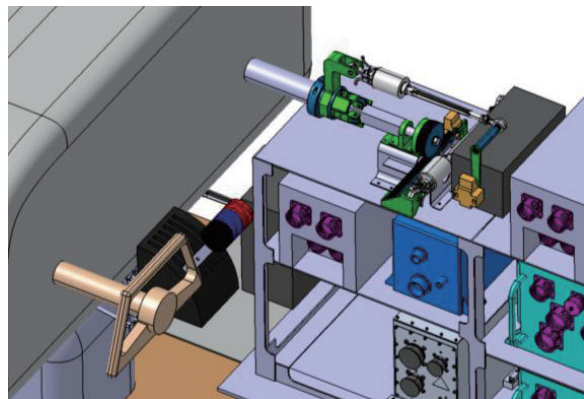


图4 PA-30 转换工具组件

UH-60A 工具组件验证了集成式解决方案,将黑鹰改装成一架完全电传操纵的飞机。新飞机称之为 S-70 OPV,拥有机电致动器、传感器、航空电子包和其它组件,分布于整个飞机以完成转换,使空间占用率最小。对于飞行员的输入,以一个触摸模块和一个连接飞行员和副驾驶位置的联动驱动系统替换现有的驾驶舱控制。集成式方案可以快速适应和快速改装,在短时间内就能完成,但是进近能够提供“类自动驾驶仪”的可靠性,且不具备完全权限,如图5所示。

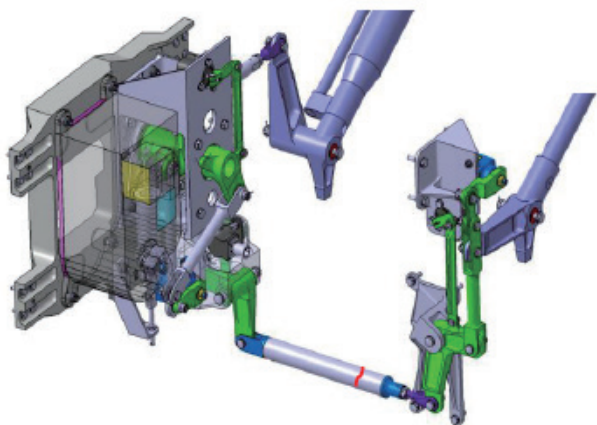


图 5 联动驱动系统

3 ALIAS 项目的演示和验证

极光飞行和西科斯基公司同时参与了项目的第一和第二阶段。两家公司开发出可检测飞行任务的用户界面、收集飞行操控信息，将 ALIAS 集成至多型平台。

2017 年极光公司通过一架 737-800 模拟器，将右侧驾驶员替换为 ALIAS 项目开发的机械臂和机器视觉系统，测试使用相同的图形输入板使飞行员能与之进行交互，同时增加了语音交互功能，飞行员能用语音指挥 ALIAS，例如改变高度或方向。西科斯基在两架塞斯纳 208“大篷车”固定翼飞机、一架“钻石” DA-42 固定翼飞机及一架西科斯基 S-76 直升机上成功进行了飞行验证。对 ALIAS 快速适应新平台的能力以及响应各种模拟飞行紧急状况（譬如，可能导致飞行员偏离预定计划或标准做法的系统故障）进行了地面验证，并证明安装及移除该套件并不影响适航性。



图 6 极光公司 ALIAS 验证演示

在项目的第三阶段，西科斯基赢得该阶段唯一合同。2017 年 5 月，在波音 737 飞机模拟器上开展了测试，在飞行员不干预前提下，借助 ALIAS 成功实现飞机自主着陆。2018 年 10 月中旬，美陆军飞

行员借助 S-76B 开展了约 1 个小时的测试，飞行员借助平板操控直升机，成功完成地形跟随、封闭起降、着陆点选择、航路规划、避障等任务，在降低飞行员工作负担的同时，显著提升了任务效能和飞行安全。2019 年 5 月西科斯基利用“矩阵技术”改进了 UH-60A/L 直升机的套装组件，完成了 ALIAS 电传飞行测试。



图 7 美陆军人员在模拟器上进行试验

4 结束语

ALIAS 项目分三个阶段展开，每个阶段实现不同的目标。第一阶段主要是概念设计和模拟器验证系统架构；第二阶段超出了原定计划，开展了包括从起飞、着陆、出现紧急状况在内的全自动化飞行演示，并验证系统移植到其他飞机上的能力。第三阶段则采用了西科斯基飞机公司设计的类似操纵杆的“飞行控制器”，并与平板电脑配合使用，可快速实现诸如飞行期间动态重规划等多种类型的精确控制。之后将进行一系列的渐进演示，将目标和自动系统集成，让飞行员放心使用该自动化系统，并逐渐实现无人驾驶操作。

ALIAS 项目最后并未选择极光公司设计的在驾驶舱中设计机械臂，而是选择了植入于机体内部的“飞行控制器”。该控制器右侧杆可操作纵向运动和空速，左侧杆可进行垂直和偏航控制。而且，西科斯基飞行公司在项目每一阶段都会对 ALIAS 系统进行改进升级，以实现更加精确的操控和便捷的人机交互。

ALIAS 项目对军民航空领域都有极大的影响。军用方面，这种安装、调试和拆除的全自动驾驶系统，使起飞、巡航和降落等一系列操作均实现完全自动

化, 降低了飞行员的工作量, 而且可避免飞行员因低级失误造成重大事故, 可全面提升美空中力量作战水平, 为在研的未来分布式空中作战提供了基础。民用方面, ALIAS 系统极短的装机周期、极强的机型适应能力也大幅缩短了飞行员培训周期, 使新手飞行员能执行复杂任务, 可极大增强城市空中运输, 引领未来民用航空的发展方向。

参 考 文 献

- [1] 袁成. 美国防高级研究计划局“驾驶舱内自动化系统”项目分析 [EB/OL]. 空天防务观察, [2019-07-08]. https://www.sohu.com/a/325490779_613206?_f=index_chan10news_51.
- [2] PAUL Shields. Additive manufacturing of simulator parts [C]. AHS International 73rd Annual Forum & Technology Display Fort Worth, Texas, USA, May 9-11, 2017.
- [3] MATTHEW Johnson. Knowledge management for rapidly extensible collaborative robots[M]. S. Yamamoto and H. Mori (Eds.): HCII 2019, LNCS 11569, 2019 : 503–523.
- [4] AURORA. Aircrew labor in-cockpit automation system[EB/OL]. [2016-10]. www.aurora.aero.