

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2105677

CJ1 奖状飞行训练设备维护仿真建模与实现技术研究*

李会茹 黄欢

(中国民航飞行学院模拟机训练中心 广汉 618307)

摘要: 奖状飞行模拟机系统繁多,与真飞机相比,维护手册章程简单,维护技术要求高。按照现有的维护手册很难精准判断故障组件,并对故障组件快速完成拆装更换工作。针对此问题通过分析奖状飞行模拟机的系统结构,提出并建立了维修仿真管理模型 MSM,构建了 MSM 模型框架,定义了 MSM 模型的 3 个要素:状态、迁移和约束条件。基于状态定义维修组件的各种状态情况,基于迁移定义维修实现的触发条件,基于约束条件建立状态与触发条件的制约关系。并阐述了 MSM 模型的虚拟场景的渲染驱动和切换。最后以仿真维修平台中声音控制组件拆装仿真为例,验证了维修仿真管理模型的有效性。

关键词: 飞行模拟机;维修仿真;MSM 模型;仿真实现

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.99

Research on simulation modeling and realization technology of CJ1 flight training equipment maintenance

Li Huiru Huang Huan

(Simulation Training Center, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, China)

Abstract: Citation flight simulator has many systems, compared with the real aircraft, the maintenance manual rules are simple, but the maintenance technical requirements are high. According to the existing maintenance manual, it is difficult to accurately judge the fault components, and quickly complete the disassembly and replacement of the fault components. To solve this problem, the maintenance simulation model (MSM) is proposed and established by analyzing the system structure of the flight simulator with awards, and the MSM model framework is constructed. The three elements of the MSM model are defined: state, migration and constraint conditions. The various states of maintenance components are defined based on state, the trigger conditions of maintenance implementation are defined based on migration, and the restriction relationship between state and trigger conditions is established based on constraint conditions. The rendering drive and switching of virtual scene of MSM model are also described. Finally, the disassembly of voice control components in the simulation maintenance platform is taken as an example to verify the effectiveness of the simulation maintenance management model.

Keywords: flight simulation; maintenance simulation; MSM modeling; simulation implementation

0 引言

奖状飞行模拟机的维护工作,涉及到计算机、软件、接口、机械、电子及图像处理多方面的内容^[1],维护工作一般不分工种(电子、机械等),即维护人员需要掌握与设备维护相关的所有操作。且相比真飞机,存在资料相对缺少,维护章程相对简单和不足的缺点。针对上述问题提出建立奖状

飞行模拟机的维护仿真平台。收集近年来的故障记录信息,重现重大故障、疑难故障的仿真操作。

国内的众多高校在仿真领域积极探索,取得了初步的发展。针对民航客机的维修仿真,中国民航大学的仿真维护研究团队设计研发的 A320 飞机维修仿真实训系统,已经应用于在校机务人员的培训上。其利用 3D 仿真环境的异构场景控制方法,实现维修场景的 3D 呈现,并利用多信

收稿日期:2021-01-08

* 基金项目:四川省科技厅项目(2018GZYZF0068)、学院飞行仿真研究中心项目(JG2018-07)资助

• 1 •

号流程图构建飞机的测试仿真,利用基于 UML 的层次化建模方法实现组件的拆装操作,且仿真模拟了飞机维护中的勤务操作,解决了用于训练的真实飞机不足的问题^[2-7]。

但是国内针对模拟机的维护建模研究相对处于空白,模拟机与真实飞机在维护上,无论是机械安装结构和电子系统均有明显差异,模拟机以其独特的系统结构组成,需要建立有别于真实飞机的维修仿真模型。因此本文研究开发了维修仿真管理模型(maintenance simulation model, MSM),MSM 采用层次化数据网络建模,能够再现具体维修任务的操作,也能渲染驱动虚拟的维修场景。

1 CJ1 奖状飞行模拟机

根据 CCAR-60 部的规定,飞行模拟机的正常运行需要仿真真实的座舱环境,沉浸感极强的运动系统,显示正确的座舱电子设备,近似真实的视景系统,并且能够在教员操纵台上设置飞机的各种性能参数、飞机状态和故障情况。

CJ1 奖状飞行训练设备包含了视景系统、计算机系统、视景系统、运动系统、操纵系统、电子设备和接口系统。针对设备的特点和工作实际,对 CJ1 奖状飞行训练设备的维护工作的开展首先确定故障系统,从软件和硬件方向分别判断故障点,进行故障隔离,如图 1 所示。根据故障情况进行相应的处理。

CJ1 奖状飞行训练设备的维护资料相较于真飞机,手册简单,对具体的故障处理说明资料概述性强,缺乏具体的指导性参考,本文结合模拟机维护经验,提出建立模拟机维护的维修仿真管理模型 MSM。拟在此模型上建立模拟机故障的维修仿真过程,弥补手册的不足。

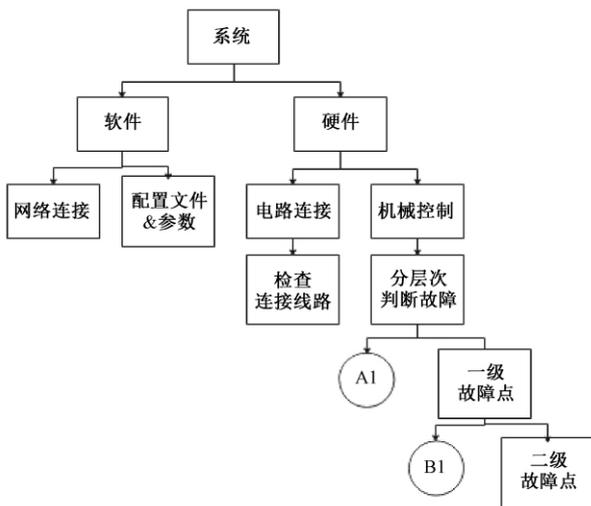


图 1 系统故障隔离

2 MSM 模型结构

基于维修任务仿真过程的 MSM 模型实现对目标组件的维修拆装仿真操作,MSM 模型结构如图 2 所示。

• 2 •

MSM 模型的建立,首先需要建立场景和组件的模型数据库,通过数据链的形式实现场景和组件约束信息的传递,通过操作信号的输入,MSM 模型接收信号流,通过网络信号传输到目标维护组件库,以驱动相应的维修场景和组件拆装的显示。与此同时 MSM 模型能够通过维修任务的控制管理机制对目标拆装组件进行约束和管理^[8]。

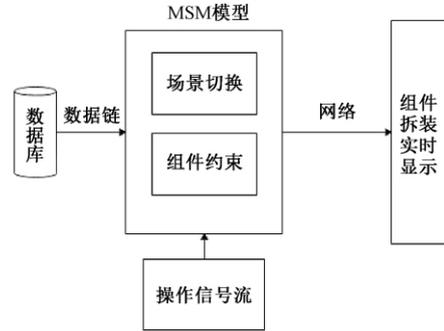


图 2 MSM 模型结构

2.1 组件约束

构建 MSM 模型中组件约束的三要素:状态、迁移和约束条件,并分别进行定义。基于状态定义维修任务的各种状态情况;基于迁移定义维修实现的触发条件(如目标维修任务的开始、暂定、结束等时机);基于约束条件建立状态与触发条件的制约关系^[9]。

组件约束建模界面如图 3 所示,方框代表制约组件拆装的三要素,椭圆代表每个元素的属性条件。

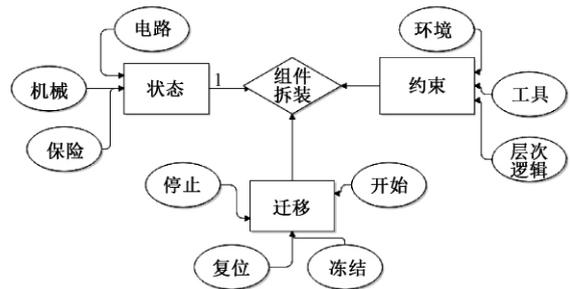


图 3 约束条件

其中状态的约束条件有电路连接状态、机械连接状态、组件安装装置(保险)等;迁移条件包括开始命令、冻结命令、复位命令、停止命令。约束条件包括外围环境设置、工具以及与组件相关的零部件的层次安装顺序等,具体定义属性及说明如表 1~3 所示。在对具体组件的拆装操作中可以根据实际情况进行节点的删减和增加。

2.2 场景驱动与切换

场景驱动与切换分为自动模式和人工模式。在自动模式中,根据操作的维修任务与设定的程序,自动进行场景的驱动与切换,无需进行人工干预。在人工模式中,需要人为输入操作信号,根据相应的步骤调取场景数据^[10-11]。

表 1 拆装组件的状态

属性	说明
设备状态	为目标拆卸组件的完整性状态,默认值为 1,根据状态是否完整,一次命名不同的值。
断电路状态	为目标拆卸组件的电路连接状态,连接时默认值为 1。
通电路状态	为目标拆卸组件的电路断开状态,断开时默认值为 0。
组件保险状态	为目标拆卸组件的保险状态,保险安装时默认值为 1,保险断开时默认值为 0。
机械连接状态	为目标拆卸组件的机械连接,此状态为多种,依次命名。

表 2 拆装组件的迁移

属性	说明
迁移开始指令	目标组件的拆装开始指令,在约束条件的与关系完成时,开始指令下达后,可以进行操作。
迁移冻结指令	目标组件的拆装暂停指令,在组件拆装过程中可以根据实际进行仿真操作的暂停。
迁移复位指令	目标组件的拆装重新开始指令,在组件拆装过程中可以随时进行复位,重新开启仿真操作。
迁移停止指令	目标组件的拆装停止指令,在组件拆装过程中可以根据实际情况提前终止仿真操作。

表 3 拆装组件的约束

属性	说明
外围环境设置	对具体维修仿真操作中,需要要求外部环境满足维修条件,例如,运动系统和操作系统的维修仿真中。
工具	为目标拆卸组件所匹配的工具是否合适。
层次关系	为目标拆卸组件的拆卸逻辑关系是否符合拆卸顺序。

其中最核心的部分是 MSM 的场景算法,MSM 的场景驱动与切换算法如图 4 所示,算法概述为:1)根据控制页面的命令,调取相应的场景数据库。2)根据具体的维修任务,将场景数据流激活为特定的场景空间数据。3)根据维修拆装操作流程,切换场景显示,调用活动函数。4)如果活动开始、冻结、停止,记录返回相应的动作节点。5)在拆装操作活动中,根据操作进行项目,将相应的状态函数值进行置位,开启新的判断环路。6)当操作流程完成时,结束仿真。

3 维修仿真实例

3.1 建立模型数据库

利用 3ds MAX 建立维修数据库,3ds MAX 是当前国内最流行的三维应用软件,具备强大的建模能力,并且 3ds

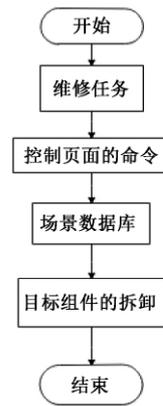


图 4 场景驱动与切换

MAX 具备强大的动画表现能力,可以满足移动轨迹的设置,使用摄像机功能,可以对目标观察点进行拍摄式的多角度环形观看。

本文针对维护拆装组件种类繁多,设计到不同的维护场景的情况,对所需建立模型进行层次化的建模分析,具体如图 5~6 所示,分层次进行建模设计。第 1 层建立主模型库;第 2 层为模拟机外观环境,驾驶舱环境,具体的维护组件建模;第 3 层为第 2 层的扩展,分别对其进行详细的模型建立,如表 4 所示。

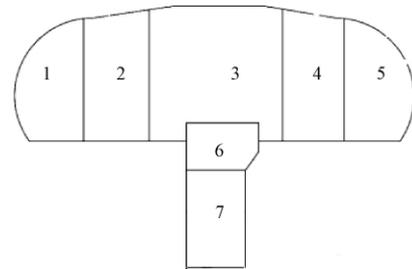


图 5 驾驶舱仪表分块建模

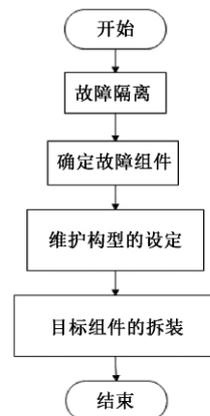


图 6 维护拆装操作过程

驾驶舱内部环境建模包含驾驶舱环境建模要求能够再现真实的维护环境。奖状模拟机内的维护操作点分为仪表框、仪表、中控台、配平轮、刹车、雨刷、方向舵锁和配平轮

表 4 层次化建模

第 1 层	第 2 层	第 3 层
主模型库命名	分三大主要建模板块: 模拟机外观、驾驶舱、目标拆卸组件	对第 2 层进行具体建模表达

锁。为了实现模型分类表达,对驾驶舱的模型建立进行板块划分,如图 5 所示。

3.2 某维护组件的仿真维护操作

将基于 3ds MAX 建立的具体模型库,应用到 MSM 模型中,对 CJ1 奖状飞行模拟机上的音频声音控制组件故障进行维修拆装操作仿真。

1)分析故障(根据图 1 所示的故障隔离程序),确定为声音控制组件故障后,进行维修拆装操作。2)分析声音控制组件拆卸过程。第 1 部分模拟机维护构型;第 2 部分为拆卸过程。3)对声音控制组件的拆卸工作进行分解。首先,从绕机检查,查看模拟机外部的状态,是否存在异常;通过栅栏门进入座舱,实现门的动作;进入座舱后,仿真座舱的具体环境,包括仪表、中央操纵台和刹车,配平等。定位具体的操作组件,以达到近似真实的维修拆装仿真,图 6 所示为操作流程的分解。其中维护构型的设定与目标组件的拆装为子流程,维护构型的设定包括了断开运动系统的连接,断开电路;目标组件的拆装包括了组件的约束,场景的驱动与切换。

3D 渲染场景在每一部的操纵中,通过程序控制进行加载。图 7 所示为声音控制组件故障排除仿真操作的部分效果图。

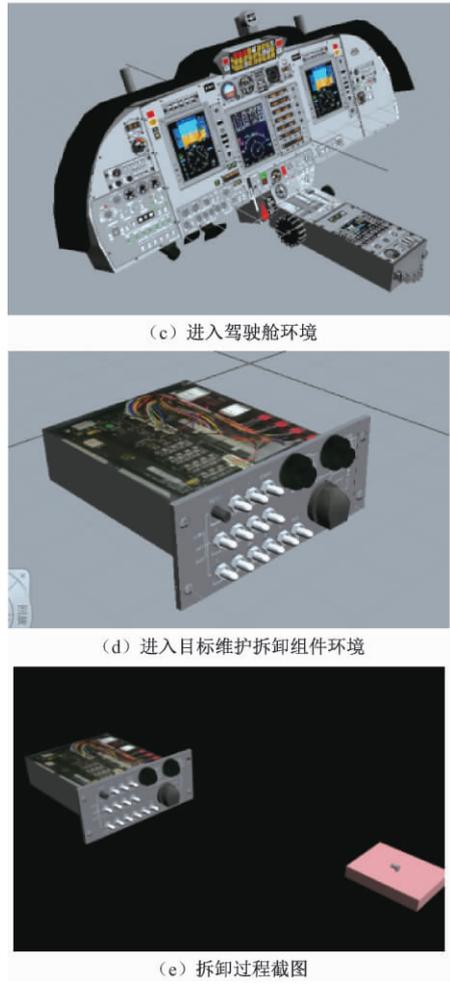
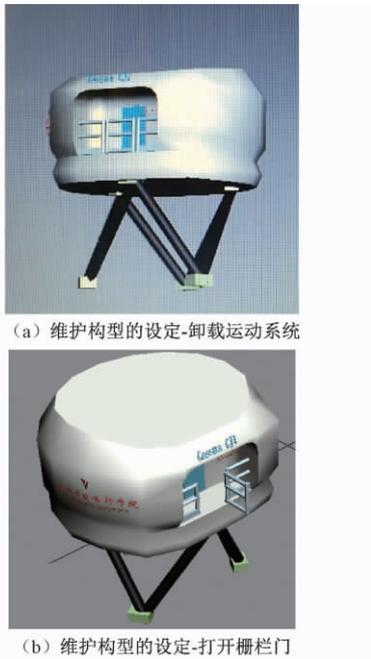


图 7 维护仿真效果图

4 结 论

本文对维护仿真的过程进行了研究,分析了 CJ1 飞行模拟机的系统组成及与其相关的故障隔离方法。建立了 MSM 模型,并在此模型上进行了声音控制组件的维修仿真拆装建模,验证了此模型的有效性。此维修仿真模型的开发可以有效保存记录重要的维护工作,使得工程维护进入可学习、可分析、可改进的阶段,此外,还可以利用此平台对新员工进行有效的训练,降低或者减少因误操作而引起的不必要的航材消耗,高效保障模拟机的运行。

模拟机维护技术的提高是一项需要长期积累和实践才能达到的目标。当前对模拟机的维护在很大程度上依靠经验和手手相传,因此建立针对模拟机的仿真平台,不仅能够对高效保障模拟机的运行,具有一定的现实意义。此外,模拟机维护在国内找不到相应对口的专业,针对模拟机的维修仿真还能够对新进员工进行快速直观地培训,降低或者减少因误操作而引起的不必要的航材消耗。

目前此仿真维护主要集中在故障组件的拆装应用上,后期可以进一步扩展到对电子仪表仿真显示、电路故障维

修及优化算法的仿真等的应用上^[12-17]。

参考文献

- [1] 陈又军.现代飞行模拟机技术发展概述[J].中国民航飞行学院学报,2011(2):25-27.
- [2] 董健康,杨柳,耿宏.基于循环迭代的飞机虚拟拆装过程建模方法[J].计算机工程与设计,2020,41(2):494-495.
- [3] 耿宏,高璐璐.面向飞机虚拟维修的改进混合层次包围盒碰撞检测算法[J].科学技术与工程,2018,18(21):63-68.
- [4] 耿宏,刘增森.一种面向飞机虚拟维修的面向对象松散八叉树[J].火力与指挥控制,2019,44(5):144-149.
- [5] 陈静杰,李会茹,曾学锋.层次化 UML 状态机载拆装过程仿真中的应用[J].图学学报,2014,35(3):481-485.
- [6] 刘家学,刘涛,耿宏.基于 Petri 网和语义网络的虚拟维修过程建模与应用[J].图学学报,2013,354(2):113-118.
- [7] 王辉,陈学森.飞行模拟器六自由度运动平台的仿真研究[J].机械科学与技术,2012,31(5):778-782.
- [8] 王晓星,韩燮,杨晓文,等.虚拟维修系统关键技术研究[J].科学技术与工程,2015,15(17):198-202.
- [9] 李冬宁,夏伟杰.面向信号的测试仪器模型描述研究及软件实现[J].国外电子测量技术,2019,37(1):132-137.
- [10] 杨睿,刘瑞军,师于茜,等.面向智能交互的视觉问答研究综述[J].电子测量与仪器学报,2019,31(2):117-124.
- [11] 赵宁社.远程数据采集的现场虚拟仪器控制系统设计与实现[J].国外电子测量技术,2018,37(6):130-134.
- [12] 田冕,马龙,张王卫.虚拟维修环境下的线绳布线算法[J].重庆理工大学学报(自然科学),2013,27(6):100-105.
- [13] 韩思聪,郭创,郑晓飞.多电飞机混合作动系统工作模式优化研究[J].电子测量与仪器学报,2019,31(2):44-45.
- [14] 李会茹,陈又军,黄欢.关于飞行模拟训练器电子仪表组件仿真模型研究[J].电子测量技术,2020,43(5):1-5.
- [15] 陈又军.基于 AVR 单片机的航空仪表仿真系统设计[J].电子测量技术,2019,42(7):83-88.
- [16] 张铮,曹守启,朱建平,等.面向实时监测的无线传感网低功耗通信策略[J].仪器仪表学报,2019,40(2):257-264.
- [17] 曹明伟,李书杰,贾伟,等.面向大规模 SFM 的快速鲁棒特征跟踪算法[J].仪器仪表学报,2019,40(1):252-260.

作者简介

李会茹,硕士,工程师,主要研究方向为模拟机维护与维修仿真建模。
E-mail:825987996@qq.com