

发动机启动点火装置仿真训练系统开发

王 辉, 魏志民, 郭 庆, 赵洪利

(中国民航大学 航空工程学院, 天津 300300)

摘 要: 虚拟航空仪表系统是飞行模拟器的重要组成部分。针对传统的虚拟航空仪表开发方法存在开发难度大、耗时长等问题, 提出一种基于 LabVIEW 的虚拟航空仪表开发方法, 并将其应用于 B737NG 飞机发动机显示系统的启动点火虚拟仿真过程。实践证明, 新的开发方法直观、逼真, 开发难度低, 在系统扩展方面拥有较大的优越性。

关键词: 虚拟仿真; 虚拟航空仪表; 启动点火; ActiveX 控件; QAR 数据

中图分类号: V 241.7; TP 391.9 **文献标志码:** A

文章编号: 1006-7167(2013)01-0046-03



Development of a Simulation Training System for Engine Start Ignition Device

WANG Hui, WEI Zhi-min, GUO Qing, ZHAO Hong-li

(Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: Virtual aero instrument is an important integral part in a flight simulator. In response to the problems in the traditional method of virtual aero instrument, a novel method for the development of a virtual aero instrument using LabVIEW was proposed in this paper. The application of the novel virtual aero instrument to the B737-700 aircraft engine ignition process has proved that the new approach is more realistic and intuitive, and is especially advantageous in system expansion.

Key words: virtual simulation; LabVIEW; VC ++ 6.0; ActiveX controls; QAR data

0 引 言

对航线维护学员培训过程中, 如果采用实装对学员进行训练, 不仅对装备的损伤程度大, 维修成本高, 耗时长, 而且在有限的装备上进行训练还存在着许多困难, 不能满足大量人员的训练^[1-2]。随着虚拟现实技术的成熟, 通过仿真工具软件制作交互性的飞机座舱仪表模拟显示系统是提高航线维修人员训练效率, 增强训练效果的有效方法^[3-4]。

目前, 用于仿真的虚拟航空仪表生成工具很多, 如

加拿大 VPZ(Virtual Prototypes)公司的 VAPS 仪表生成工具, 美国 GMS(Global Majic Software)研制的可运行于 Win95 或 NT 环境的航空仪表控件, 美国 Centric 软件公司的视景仿真软件 Coryphaeus 的 DWB(Designer's Workbench)模块具有制作带纹理的三维仪表和 HUD, 并实现驱动的能力。以上的虚拟航空仪表生成工具使用起来都比较方便, 而且逼真度较好, 缺点是软件的用户接口不佳, 如 VAPS 不遵循 Windows 用户习惯, 而有些则需要 SGI 工作站的环境下才能运行^[5]。传统所采用的以 Visual C ++ 6.0 为开发平台, 调用三维图形库 OpenGL 实现虚拟仪表显示和驱动的方法, 虽然开发成本低且移植性较强, 但开发难度大, 开发周期长。本文采用 NI 公司虚拟仪器软件 LabVIEW 作为虚拟仪表开发平台^[6]。利用 LabVIEW 强大的控件扩展功能及直观、高效的程序编写功能, 实

收稿日期: 2012-02-29

基金项目: 天津市教改项目(D02-08-20)

作者简介: 王 辉(1966-), 男, 辽宁本溪人, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 飞行系统仿真。

Tel.: 13132529598; E-mail: h-wang@cauc.edu.cn

现了对 B737NG 飞机发动机启动点火装置仿真训练系统的开发。

1 启动点火装置仿真训练系统开发

1.1 系统功能模块概述

系统功能主要包括 B737NG 飞机发动机启动点火装置虚拟仿真模块及故障模拟模块。启动点火装置虚拟仿真模块又可分为发动机显示系统构建、启动点火控制系统构建及 QAR 数据处理等部分。

1.2 启动点火装置虚拟仿真模块

1.2.1 CFM56-7B 发动机启动点火过程概述

首先,将座舱 P5 前顶板上的启动控制电门置于“GRD”位,CDS/DEU(公共显示系统/显示电子组件)控制 SAV(启动空气活门)电磁阀通电,导入气体压力将 SAV 打开。来自于气源系统压力空气将通过 SAV 送到启动机。启动机转动进而驱动发动机的高压转子(N2 转子)加速。当观察到 N2 转速上升到 25% 以上,或 N2 转速到达其最大冷转转速(指 N2 在 5 s 之内的上升小于 5%)时,将发动机的启动手柄上提至慢车位。EEC 将控制点火电嘴点火,并向燃烧室供油。当燃烧室点火成功以后,涡轮发出功率将与启动机一起带动转子转速上升。当 N2 转速达到 55% 时,启动机与发动机自动脱开,CDS/DEU 控制 SAV 电磁阀断电,SAV 关闭,启动机慢慢停转。自此以后,发动机转子的加速仅是由于涡轮产生的功率大于压气机所消耗的功率,它将带动发动机的转速继续上升,直到发动机稳定工作在慢车转速^[7-8]。

1.2.2 发动机显示系统构建

发动机仪表显示系统开发工作主要集中在虚拟仪表的外观指针,滚动显示数据条,警告等设计与制作,通讯接口的开发以及驱动三方面,虚拟仪表界面是虚拟仪表制作的主要工作,其界面的逼真度是影响虚拟仪表系统真实感的主要因素^[9]。CFM56-7B 发动机显示系统包括发动机转速指示系统,机载振动监控指示系统等^[10]。利用 LabVIEW 自身自带的控件库,通过修改控件相关属性实现对低压转子(N1)转速指示仪表及滑油压力(QIL P)指示仪表的制作,如图 1、2 所示。

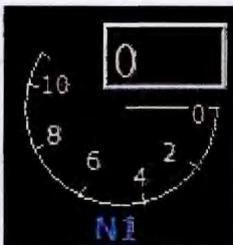


图1 N1 转速指示仪表



图2 QIL P 指示仪表

参照真实 B737NG 飞机发动机仪表显示系统,并对其他仪表采用类似方法进行制作,完成后得到直观、

逼真的虚拟仪表显示系统。

1.2.3 发动机启动点火控制系统构建

虽然 LabVIEW 提供了功能丰富的控件库,但由于发动机控制系统的复杂程度很高,LabVIEW 自身所带有的控件依然很难满足要求。然而 LabVIEW 强大的控件扩展功能让这一问题得以解决。LabVIEW 可作为 ActiveX 客户端,访问与其他 ActiveX 应用程序相关的对象、属性、方法和事件;也可以作为 ActiveX 服务器,因此其它应用程序可以访问 LabVIEW 对象、属性和方法^[11]。LabVIEW 自身带有 ActiveX 控件库,用户可以调用库中的 ActiveX 控件,如果库中的控件依然无法满足要求,用户则可以通过利用 VC 或 VB 制作满足设计要求的 ActiveX 控件,编译完成后注册到 LabVIEW 控件库中再进行调用。本控制系统中所需的点火选择电门及启动控制电门均需重新设计开发。

笔者采用 VC ++ 6.0 中的 MFC 类对 ActiveX 开关控件进行设计开发。MFC 在 VC ++ 环境中增加了自动生成对话框和自动代码发生器,使 ActiveX 编程变得更简单、更便捷^[12]。以启动控制电门(switch)为例,设计过程如图 3 所示^[13]。

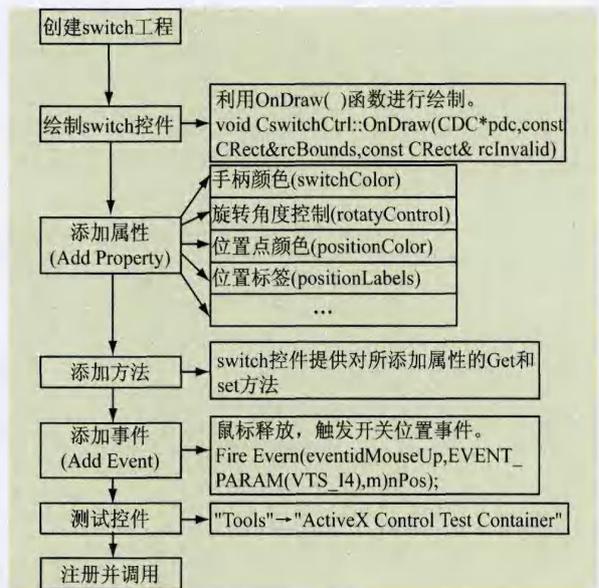


图3 VC 开发 ActiveX 开关控件过程

将设计完成的点火选择电门及启动控制电门 ActiveX 控件注册到计算机后,可在 LabVIEW 的 ActiveX 库中找到,通过编程即可进行调用。

1.2.4 QAR 数据处理及加载

QAR(Quick Access Recorder)是目前国内外航空公司应用最广泛的快速存取记录装置,QAR 数据记录的种类繁多,已经涵盖了民航飞行的方方面面。本文中的仿真数据取自 B737NG 飞机发动机启动点火过程的 QAR 数据。由于 QAR 数据不支持直接应用于数据分析,所以在应用时需要对其进行译码,经过译码后的

QAR 数据主要存储形式为 CSV (Comma Separated Variables) 文件。CSV 是一种用于存储数据的纯文本文件格式, 可利用记事本或 EXCEL 打开^[14-15]。本文中获取的发动机启动点火过程 QAR 数据经过译码、优

化处理后以 Excel 表格形式存储。图 4 为利用 LabVIEW 编程实现对低压转子 N1 及高压转子 N2 转速数据的加载。

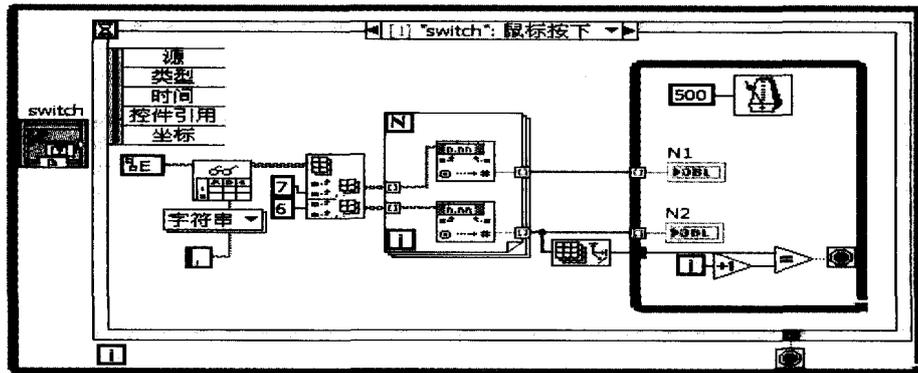


图 4 N1/N2 转速数据读取程序框图

1.2.5 启动手柄的仿真制作

为实现对发动机启动手柄的仿真, 首先要通过对真实飞机上的启动手柄进行拍照以获取纹理, 并把纹理处理成 LabVIEW 所支持的格式。使用图形编辑软件对纹理图片进行处理后导入 LabVIEW 备用。发动机启动点火过程中, 当 N2 达到 25% 时, 需要上提启动手柄到 IDLE 位, 以达到正常启动目的。为了实现此动作需要对 LabVIEW 基本控件进行定义, 通过修改相关属性结合界面修饰技巧, 最终实现启动手柄的制作。

1.3 故障模拟模块示例

航线维护人员在对发动机进行试车过程中, 经常会出现发动机不能正常启动的现象, 如启动悬挂、热启动、启动自动切除等。这些现象的形成可能因为发动机内部故障造成, 也可能是由于维护人员操作不当造成, 那么将可能给航空公司带来不必要的经济损失。本文以由于人为错误操作导致的发动机启动悬挂为例, 通过编程实现故障模拟并给出正确的操作规范, 从而达到强化学员训练的目的。主要程序框图如图 5 所示。

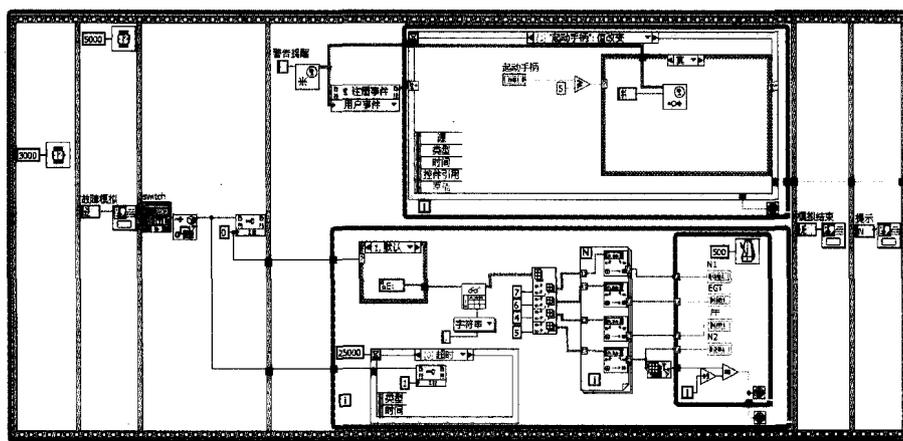


图 5 启动悬挂故障模拟程序框图

主要模拟过程为, 当 N2 转速未达到 25% 或最大冷转转速时上提启动手柄, 导致发动机启动点火以后, 转速上升缓慢(对 CFM56-7B 发动机来讲, 从 SAV 打开到发动机稳定工作在慢车的正常时间应小于 2 min), 最后停滞在低于慢车的转速^[16]。故障模拟结束时给出了正确的操作规范。

2 CFM56-7B 发动机启动点火装置仿真系统的应用

构建完成的 CFM56-7B 发动机启动点火装置训练系统界面如图 6 所示。

通过对系统的实际应用可以提高航线维护学员的训练效率, 减少由于人为操作失误而导致的航班延误及其他不利后果。

(下转第 69 页)

大地方便了操作系统进行页面回收。相对于之前的遍历方法来说,基于对象的反向映射机制在很大程度上减少了操作系统在页面回收上所占用的 CPU 时间。相对于之前的单纯的反向映射机制来说,在一定程度上也解决了要消耗掉一定的内存空间的问题。

3 结 语

操作系统中的内存管理负责管理整个系统的物理地址空间和虚地址空间,进行虚实地址之间的转换以及页面的换入换出等操作。它是系统内核中最重要的组成部分之一,是整个系统得以存在和运行的基础。而利用基于对象的反向映射机制和页面回收算法的结合,在最少时间和最少空间消耗的前提下,更有效地进行页面回收是内存管理系统构建一个具有高可靠性、可伸缩性系统的必要前提。

参考文献 (References):

- [1] 赵丽坤. Linux 内核内存管理机制和改进[J]. 电脑知识与技术, 2009(10):112-115.
- [2] 文东戈,王 旭. Linux 操作系统原理实验教学平台的设计与应用[J]. 实验室研究与探索,2008(5):68-70.
- [3] 王东滨. 面向网络数据实时检测的多线程内存管理技术[J]. 高技术通讯,2008(12):213-215.

- [4] 韩耀堂. C#编程中的内存管理不该忽略的问题[J]. 计算机光盘软件与应用,2011(13):73-76.
- [5] 左利云. 基于内存管理的多重查询调度算法[J]. 计算机技术与发展,2010(7):121-125.
- [6] 敖青云. 存储技术原理分析[M]. 北京:电子工业出版社,2011:103-189.
- [7] 莫尔勒著,郭旭译. 深入 Linux 内核架构[M]. 北京:人民邮电出版社,2010:135-246.
- [8] 雷铭哲. Linux 线程机制研究. 火力与指挥控制[J]. 2010(2):112-118.
- [9] 梁 琛. Linux 内核链表及其在虚拟文件系统中的应用[J]. 西安邮电学院学报,2011(2):29-33.
- [10] 刘宾礼,孙俊忠,周智勇,等. 链表浅析[J]. 电脑学习,2010(1):141-142.
- [11] [美]博韦,西斯特著陈莉君译. 深入理解 Linux 内核[M]. 北京:中国电力出版社,2008:178-283.
- [12] 胡章平. 虚拟存储管理中缺页中断次数的计算方法[J]. 电脑知识与技术,2009(2):272-274.
- [13] 李亚琼. 一种面向虚拟化云计算平台的内存优化技术[J]. 计算机学报,2011(4):684-690.
- [14] 陈志文,李 亮. 基于 Linux 的安全存储系统设计[J]. 计算机工程与设计,2009(15):91-93.
- [15] 张玉洁. 文件系统安全存储算法研究与系统设计[J]. 华北科技学院学报,2011,30(2):66-69.
- [16] 郑 巍,许 鸿. 开源软件 Linux 内核的进化分析[J]. 华南理工大学学报,2007,35(9):74-77.

(上接第 48 页)

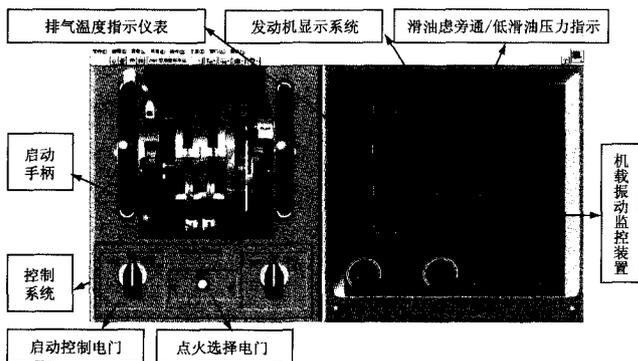


图6 发动机启动点火装置仿真训练系统界面

3 结 语

实践表明,基于 LabVIEW 来实现某些航空装置的虚拟仿真切实可行,其强大的外部设备接口及对 ActiveX 的良好支持,使设计完成的系统具有优越的扩展性。相信通过实际的应用和对程序的优化扩展,系统将在未来的航空人员培训中产生更大的作用。

参考文献 (References):

- [1] 张 铮,李 立. 虚拟仪器系统实验室的设计及实现[J]. 实验室研究与探索,2000(5):64-66.
- [2] 肖 骞,高 伟,徐煜兵. 控制系统仿真及虚拟实验仪器的研究与开发[J]. 实验室研究与探索,2000(4):65-70+81.

- [3] 时秋兰,赵 伟,侯国屏. 引入虚拟仪器仪表提高电工实验水平[J]. 实验室研究与探索,2002(4):48-50.
- [4] 郭 庆,彭志广. CAD/CAE 在金工实习教学中的应用[J]. 实验室研究与探索,2007(1):106-108.
- [5] 孙吉贵,王 娟. 飞行仿真中虚拟航空仪表显示系统的研究和实现[D]. 吉林:吉林大学,2005.
- [6] 洪焕凤,林明星. 基于虚拟仪器的实验教学[J]. 实验室研究与探索,2005(12):84-86.
- [7] 李书明,林兆福. 民用航空燃气涡轮发动机构造与系统[M]. 北京:兵器工业出版社,2005:268-280.
- [8] 赵廷渝. 航空燃气涡轮动力装置[M]. 成都:西南交通大学出版社,2004:151-163.
- [9] 王 鹤,邱云飞. 飞行仿真中虚拟航空仪表显示系统的开发[J]. 微计算机信息,2011(5):180-181,176.
- [10] 唐庆如,敖良忠,夏存江,等. CFM56-7B 发动机航线维护教程. 成都:四川大学出版社,2003:196-203.
- [11] 阮奇桢. 我和 LabVIEW[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2009:166-172.
- [12] Nathan Wallance. Learn Active X Development Using Visual C++ 6.0[M]. Texas: Wordware Publishing, Inc,2003:37-52.
- [13] 张卫华,刘 征,赵志刚. 举一反三—Visual C++ 程序设计实战训练[M]. 北京:人民邮电出版社,2004:73-128.
- [14] 曹慧玲,周百政. QAR 数据处理系统的设计与实现[D]. 天津:中国民航大学,2009.
- [15] 曹惠玲,林达锦,曾学锋. CFM56-7B 型发动机衰退模型建立与研究[J]. 中国民航大学学报,2010(4):9-12.
- [16] 谭 燕. CFM56-7B 发动机的热启动及启动悬挂[J]. 中国民航飞行学院学报,2011(4):24-26,29.