

# 电台三维虚拟维修仿真系统的研究

张占军,程行甫,柳平,陈武  
(装甲兵工程学院信息工程系,北京100072)

**摘要:**以目前先进的计算机技术、虚拟现实技术、数据库技术及多媒体技术为基础,为降低训练成本、提高训练效益,解决新装备在传统教学训练中资源紧缺问题,构建了一个具有学习、训练和考核为一体的电台三维虚拟维修仿真系统。结合项目开发实践,介绍了系统的总体结构设计、关键类设计及模块实现,并对系统设计中的关键技术进行了阐述。该系统在仿真过程中符合电台实际维修过程,很好地实现了电台的三维虚拟训练和维修,具有广泛的应用价值。

**关键词:**虚拟维修;分层模块化;三维建模;故障推理

中图分类号:G434

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)02-0250-04

## Research on Three-dimensional Virtual Maintenance Simulation System of Transmitter-Receive

ZHANG Zhan-jun, CHENG Xing-fu, LIU Ping, CHEN Wu

(Dept. of Information Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

**Abstract:** Based on the present advanced computer technology, virtual reality technology, database technology and multimedia technology, the paper builds of a system of learning, training and maintenancing as three-dimensional virtual maintenance simulation system of transmitter-receive, mainly solves resource constraints in the traditional teaching and training of new equipments, fields in training high cost, improvement of training efficiency and effect. Combination of project development practice, the paper describes the overall structure of the system design, the key class design and module implementation of the system design of the key technologies are described. The system keeping with actual maintenance training is very well to achieve the station's three-dimensional virtual training and maintenance during the simulation, with a wide range of applications.

**Key words:** virtual maintenance; hierarchical modular; 3D modeling; vault reasoning

## 0 引言

随着新军事革命的不断深入,军事装备呈现出信息化、智能化、一体化的发展趋势,我军装备加速更新换代,装备教学和训练面临着一些新问题。传统的教学和训练方式为实装为主,已不能满足新装备教学和训练的需要,新装备具有技术含量高、构造复杂、造价昂贵的特点。采用虚拟仿真技术来构建新装备虚拟仿真训练系统,实现了“以软代实、以虚代实、虚实结合”的新型训练模式<sup>[1]</sup>,可以提高培训质量和效益、缩短人才培养周期、节省训练经费、减少武器装备损耗、不受使用条件和环境限制等优点。

文中介绍的电台三维虚拟维修仿真系统是基于虚拟现实技术、数据库技术、现代通信设备检修技术,根据电台的维修特点,突出三维仿真,结合基于桌面级的

虚拟仿真技术,优先选用先进的建模与仿真工具软件而构建的一个三维虚拟维修仿真系统。通过计算机软件真实地模拟电台的使用、检测和故障现象,指导训练人员学会电台使用、设备故障定位判断、部件更换和一般性维修,并可对参训人员进行电台训练和维修操作的考核。

## 1 系统结构设计

### 1.1 总体结构

本系统采用分层模块化的设计方法,有智能辅助模块、自主学习模块、三维模型模块、维修训练模块和考核模块等五个重点模块,组成了自主学习、引导训练、练习训练和考核评估四个分系统。按功能划分总体结构如图1所示。

智能辅助模块是整个系统的一个重要模块,主要负责为系统提供智能辅助,例如记录学生的学习、练习和考核情况,更新学生的历史学习情况等等,它将所记录的内容录入到学生库中。同时当学生开始学习、训

收稿日期:2010-04-13;修回日期:2010-10-22

基金项目:国防科技专项基本项目(2007CX12)

作者简介:张占军(1967-),男,河北保定人,副教授,博士,研究方向为多媒体通信。

练或考核时,它与学生库之间进行交互形成学生模型,而后根据学生的情况,智能地制定学习、训练或考核路径,使每名学员都可以根据自己实际情况,开始学习<sup>[2,3]</sup>。

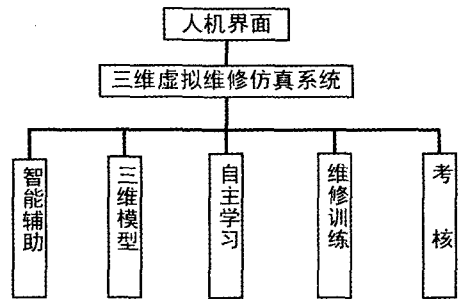


图1 系统总体结构

三维模型模块是四个分系统中的公共模块,可以分别被后面三个模块所调用。电台三维仿真模型是采用GL Studio 软件来构建的,用户可以在分系统调用的电台整机或电台部件的三维仿真模型中进行自由旋转、面板操作、部件拆卸等操作,逼真度高,交互性好<sup>[4]</sup>。

自主学习模块属于训练模式中的介绍模式,它通过与基础知识库和学生库进行交互,调用其中的电台操作和维修基础理论知识,并形成相应的学生模型,将符合用户认知水平的理论提供给用户进行学习。并且在此模式中,用户可以通过调用三维模型模块调用相关部件的三维仿真模型,让用户有个直观印象,从而提高学习的效果。

维修训练模块包含了训练模式中的引导模式和练习模式两个模式,维修过程中,它通过与故障框架库、过程模型库和学生库进行交互,调用其中的故障类,并形成相应的学生模型,将符合用户认知水平的故障提供给用户进行练习。在学生维修过程中,通过运用所构造的虚拟仪器,对电台进行量测和拆卸,来完成相应的操作步骤。当完成相应步骤后,调用相应的故障框架,按照故障框架的推理机制,来判断学生的维修训练效果,并将相应的操作计入学生库中。在此模块中,通过电台的数据模型构造了一个完整电台的工作和故障原型,配合三维模型模块中的仿真模型,让用户可以有一种沉浸式的实操感受<sup>[5,6]</sup>。

考核模块属于训练模式中的考核模式,在这一模块中的基本结构同训练模块相同,只是在其上添加了考核计时和考核智能抽题两个模块。它根据学生模型,抽取相应难度的维修故障,并设定考核时间,而后根据学生的维修操作情况和考核用时,给出评分,并计入学生库中,更新学生的历史的记录。并且会根据学生认知水平的提高,提升维修故障的难度和维修考核时间。

1.2 关键类设计

系统各个主要模块相对独立地完成相应的功能,它们之间的相互调用完全是通过系统框架层来完成的。用面向对象的方法将系统分解后形成一组类,整个仿真系统由6个类组成,即主框架类、智能辅助类、三维模型类、自主学习类、维修训练类和考核类。这6个类又由其他子类组成,如图2所示。

下面通过表1 将各个类的功能进行介绍<sup>[7]</sup>。

表1 类的功能描述

类名	名称	功能	基类
CBaseFrame	主框架类	负责接收和发送系统其他模块的消息,并且负责系统菜单和工具栏的响应	CFrameWnd
CLearning	自主学习类	负责自主学习模块的内部控制	CView
CExaming	考核类	负责考核模块的内部控制	CView
CTraining	维修训练类	负责训练模块的整体控制	CView
CModel	三维模型类	负责三维模型的内部控制	CDialog
CIntelligent	智能控制类	智能辅助模块的内部控制	CView
CQuestionWnd	考核抽题窗口	负责根据考生的认知情况,为考生生成维修考核题	CTreeCtrl
CRepairWnd	维修选择窗口	负责根据考生的认知情况,为考生生成维修练习题	CTreeCtrl

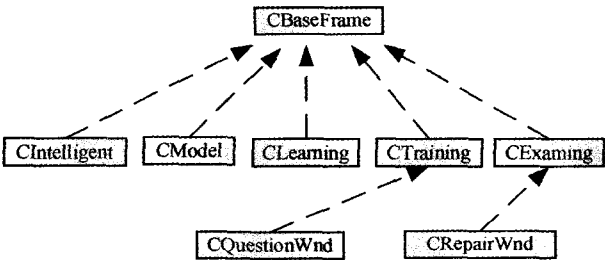


图2 系统主框架层的类图

2 智能辅助模块的设计

智能辅助模块中最重要的是学生模型的创建与管理,而学生模型的全部信息都存储在学生知识库中,因此学生模型中的知识库的设计好坏,可能直接关系到整个智能辅助模块的好坏。

学生知识库主要有以下内容<sup>[2]</sup>:

- (1)学生的基本信息:包括姓名、年龄、文化程度、从事维修的年数等。
- (2)学生登录记载文件:记录学生进入系统的时间及次数。
- (3)学习/测试断点:是指学生在退出系统前已完成的学习或测试的“地点”,即某一维修等级的某个练习,系统记录下这一断点,当学生再次进入系统学习时,系统直接把该练习作为这个学生开始学习的起始位置,保证学习的连续性。

(4)练习/考核的历史:记录练习/考核的规定时间和难度,学生完成练习/考核的情况和时间,以及完成维修任务的步骤是否完整。系统根据这些信息,推断出学生对某个维修知识点的掌握水平,并告知用户,从而建议学生继续学习或是后续学习,达到智能辅助的目的。

(5)具体完成步骤的详细记录:记录具体步骤的有关内容和学生的操作情况,如该步骤所占的分数、难度系数、对应的维修过程模型号和学生操作的动作。系统根据这些信息,一方面为测定题目的难度区分度提供依据;另一方面,以便学生查看某一具体知识点的详细信息。

(6)浏览的辅助资源:在辅助资源上停留时间、访问的次数等。

为了能够全面的表述上述的知识库的内容,系统设计了5个数据库表来表述其中的关联关系: model\_register 表记录系统中学生模型的名称、建模时间以及学生信息; user\_history 表用于记录学生登录的索引文件、学习/测试断点和浏览辅助资源的情况; strategy 表用于记录学生模型中的当前的学习策略; student\_level 表用于记录学生的认识和维修水平, user\_login 表用于记录学生的登录账号和密码(见图3)。

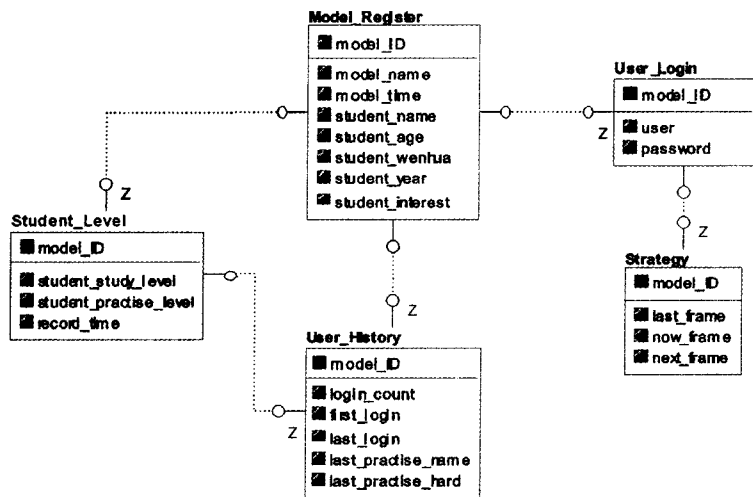


图3 智能辅助模块的数据库设计

此模块为其余模块提供的属性和接口函数主要有:

1) int m\_stuKnowLevel 和 void OnNStuKnowLevelChanged()

2) int m\_stuPracticeLevel 和 void OnNStuPracticeLevelChanged()

这两个接口主要负责调用系统的认知评价类中的认知函数,来设置学生模型的认知水平和维修操作的难易程度,通过获知这两个属性来更改学生模型和维修操作难度等级<sup>[8]</sup>。

### 3 关键技术

#### 3.1 基于 GL Studio 的三维仿真模型的建立

GL Studio 是一个独立平台的快速原型工具,用来创建实时的、三维的、照片级的互动图形界面,是目前世界上最先进的人机接口开发工具,完全采用面向对象技术,提供开放的对外接口,开发效率高,开发质量好,重用性强<sup>[9]</sup>。利用 GL Studio 构建三维电台部件模型形象逼真、建模简单,其构建过程如下:

(1)前期纹理制作。即将拍摄的装备照片按模型尺寸通过 Photoshop 软件进行处理。对有交互功能的部件进行处理,对于面板中按键、指示灯这类只需平面效果的部件,制作成单独纹理,以实现加入用户代码后,按键等控制部件能够对操作进行响应。对旋钮、开关、插座等这类需反映三维效果的零部件,则采取 3DMAX 制作,然后利用三维模型转换简化软件如 Polytrans 对其减面、转化格式的操作,保存为 FLT 格式的文件。

(2)几何模型构建。依据装备草图,使用 glstudio 软件提供的工具,进行相关操作,构建所需的单设备几何模型,然后对图形对象进行恰当命名,以便于查找和编辑<sup>[10]</sup>。

(3)纹理贴图和三维零部件导入。几何模型生成后,给各面贴上对应的纹理,对模型进行消隐、光照等处理,以达到真实的三维效果。然后给各面添加各个能动部分,对平面效果的模型如按键,直接导入其纹理,设置好位置和属性即可;对三维效果的模型如旋钮,则需导入其 FLT 格式的三维模型,调整好其大小、位置和旋转方式。

(4)添加驱动代码,实现交互。设置好各能动部分的相关属性,并添加消息回调函数,以实现人机交互。根据需要,添加灯光、视点和声音来调整模型的三维效果<sup>[11]</sup>。

(5)编译,生成所需代码。编译、连接和测试,并运行最终的可执行程序。然后根据模型总体设计框架,如有需要,将其转化成 ActiveX 控件或组件<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 基于故障框架的推理技术机制

电台虚拟维修训练过程是一个推理的过程,根据知识进行推理,力求在问题域内推导出满意的解答。在本系统中,采用了基于故障框架的推理技术机制。基于框架的推理是基于规则推理的一种,采用正向推理的思路,根据初始的征兆和事实由系统逐步推出目标的一个推理过程。框架推理实质上就是一个反复进行框架匹配的过程,而且多数情况下其匹配都具有不

确定性,为了使推理得以进行,通常都需要设置相应的槽来配合<sup>[12]</sup>。其推理过程可以表述如图4所示。

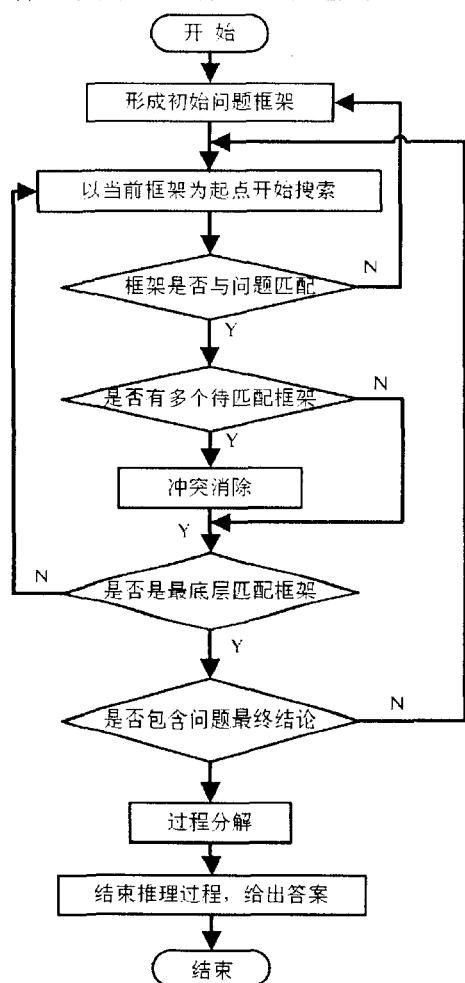


图4 基于框架的推理过程

在故障框架的推理中,求解问题的基本过程是以现有故障框架知识结构为基础,按照图4的框架推理流程,不断寻找可匹配的框架并进行槽匹配的过程。

搜索过程是自顶向下进行,搜索起点的确定,是由用户随时定义的。系统首先根据已知的条件对知识库中的框架进行部分匹配,找出预选框架,并且由这些框架中其他槽的内容以及框架间的属性联系得到启发,提出进一步的要求,使问题的求解向前推进一步。如

此重复进行这一过程,直到问题最终得到解决为止。

## 4 结束语

“电台三维虚拟维修仿真系统”可完成电台所有专业维修训练规程规定的大部分内容,满足部队新装备教学和维修训练的需求,能够有效代替实装训练,节省训练经费,提高训练质量与效率。该系统的推广使用将产生很大的经济和军事效益,具有很好的应用价值。

### 参考文献:

- [1] 李恒劭,秦立富. 虚拟现实技术的应用[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
- [2] 马立元. 大型复杂装备虚拟操作训练系统设计方法研究[D]. 南京:南京理工大学,2006.
- [3] Jayaram S. VADE: A virtual assembly design environment[J]. Computer Graphics and Applications, 1999, 19(6): 44-50.
- [4] 徐建新,柯瑞同. 基于VC的飞行仿真器导航仿真系统开发[J]. 微计算机信息, 2009, 25(7): 196-198.
- [5] 解璞,苏群星,谷宏强. 装备虚拟维修训练系统设计方法研究[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(8): 2195-2198.
- [6] 贺少华,吴新跃. 桌面式虚拟现实维修训练系统的研究与应用[J]. 计算机工程, 2008, 34(17): 76-79.
- [7] KRUGLINSKI D J. Visual C++6.0 技术内幕[M]. 希望创作室译. 北京:北京希望电子出版社,1999.
- [8] Kallmann M. Object Interaction in Real-Time Virtual Environments[D]. Swiss Federal Institute of Technology, 2001.
- [9] Distributed Simulation Technology Inc. GL Studio user's guide, Version 3.0[M]. 2005.
- [10] 刘东鑫,欧阳中辉,赵均伟. GL Studio 在飞机电抗虚拟地勤维护中的应用[J]. 微计算机信息, 2009, 25(4): 252-254.
- [11] 杨永木. 虚拟现实在核电站主控室仿真设计中的应用[D]. 上海:上海交通大学,2008.
- [12] 柳海龙. 基于框架理论的电机故障诊断专家系统的研究[D]. 大连:大连理工大学,2002.

## 中国计算机学会“CCF 走进高校”活动在西安理工大学、长安大学热烈进行

### 主办单位

中国计算机学会  
陕西省计算机学会  
西安理工大学  
长安大学

### 承办单位

长安大学信息工程学院  
西安理工大学计算机科学与工程学院  
陕西省计算机学会嵌入式系统专业委员会  
陕西省航空学会计算机专业委员会