

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.08.030

## 某装填车操作训练综合模拟系统

李慧翔, 杨清文, 房施东, 马家文  
(解放军炮兵学院 5 系, 安徽 合肥 230031)

**摘要:** 为解决目前某装填车在装备训练中存在的问题, 根据训练要求和内容, 架构了操作训练综合模拟系统。系统采用 C/S 结构和独立模块化设计, 其硬件结构为教员监控端、操作手操作端和学员观摩端; 其软件结构为: 系统平台、操作监控模块、信息管理模块、单兵操作训练模块、协同操作训练模块和学员观摩模块。并综合运用 3ds Max 和 Creator 构建了三维模型。运用 VC++ 和 Vega 的 API 函数实现了操作手和虚拟场景的交互。使用 Access 构造了系统数据库并通过 ODBC 技术对数据库进行管理和操作。采用 TCP/IP 通信协议实现了各操作台的数据传输。经实际运用, 该系统运行稳定, 提高了训练的效果。

**关键词:** 装填车; 模拟; 训练

**中图分类号:** TP391.9 **文献标识码:** A

## Integrated Training Simulator for Certain Type Loader Vehicle

Li Huixiang, Yang Qingwen, Fang Shidong, Ma Jiawen  
(No. 5 Department, Artillery Academy of PLA, Hefei 230031, China)

**Abstract:** In order to solving the problems in the training of a certain loader vehicle, constructing the integrated training simulator system according to the training requirements and contents. The system is constructed bases on the framework of C/S and is designed in the form of independent modularity, the system's hardware including teacher supervise client, operator train client and student emulate client, the software of the system including a lot of modularity, such as system platform, operate supervise modularity, information management modularity, single pawn operate train modularity, cooperative operate train modularity and student emulate modularity. 3ds Max and Creator are applied to build the three-dimensional models. VC++ and the API function in Vega are used to realize interactive function between the operators and the virtual set. The databases are constructed by Access and the ODBC technology is used to operate and manage them. The TCP/IP communication protocol is used to realize the data transmission among the consoles. The application shows that the system is stable and the can improve the training performance.

**Keywords:** loader vehicle; simulation; training

### 0 引言

装填车是某火箭炮武器系统的重要组成部分, 为火箭炮遂行作战任务提供重要保障。该装备操作流程多、难度大, 既要求单个操作手熟练操作, 又要求各个操作手间较好地协同操作。目前, 院校和部队在新装备教学训练过程中存在实装少、受训人员多和装备易磨损等诸多不利因素, 影响了新装备训练效益, 制约了新装备战斗力的快速形成。随着虚拟现实技术的发展, 应用虚拟现实技术开发武器装备模拟训练系统, 成为了解决新装备教学训练的主要方法之一。故采用虚拟现实技术、数据库技术和通信技术, 开发装填车操作训练综合模拟系统, 以解决装备教学训练中存在的问题。

### 1 系统设计

#### 1.1 系统功能要求

根据该装备训练的要求和内容, 装填车操作训

练综合模拟系统应具有以下功能:

- 1) 单兵操作训练功能: 系统应提供每个装填车操作手的操作流程, 基于鼠标或键盘引导受训人员按照操作流程进行操作, 实现单兵的操作训练;
- 2) 协同操作训练功能: 系统能提供多名操作手按照操作流程同时参与到一个虚拟场景中进行训练, 实现操作手的协同训练;
- 3) 操作提示和帮助功能: 在非考核模式下, 系统能根据操作手的操作对下一步骤进行提示, 提供实时帮助;
- 4) 考核评估功能: 系统能对操作手在考核模式下的操作进行打分, 评估操作手操作熟练程度;
- 5) 监控观摩功能: 系统能对各个操作台的操作情况进行实时的监控和观摩;
- 6) 信息管理功能: 系统能对用户的信息、权限和考核成绩进行管理和更新。

#### 1.2 系统体系结构

为满足上述功能, 系统采用 C/S 结构和独立模块化设计, 各模块通过系统平台接口进行连接和信

收稿日期: 2010-03-01; 修回日期: 2010-04-06

作者简介: 李慧翔 (1985-), 男, 山东人, 从事武器系统仿真与运用研究。

息的传递。系统软件结构为：系统平台、操作监控模块、信息管理模块、单兵操作训练模块、协同操作训练模块和学员观摩模块，如图 1。

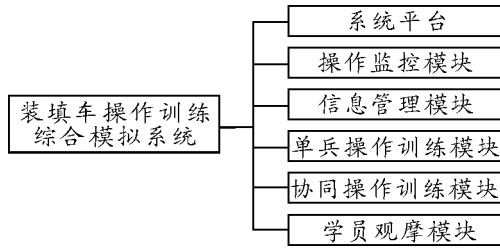


图 1 系统软件构成图

系统硬件由计算机、投影仪、大屏幕、集线器和交换机构成，按其空间布局可以分为教员监控端、操作手操作端和学员观摩端，其中，教员监控端的计算机为系统服务器。其硬件构成如图 2。

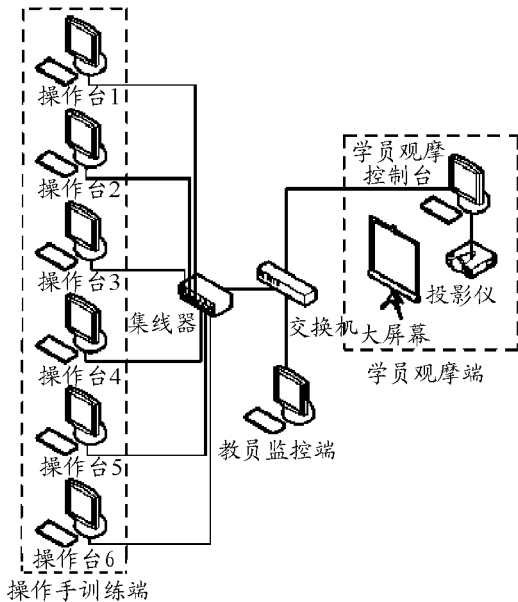


图 2 系统硬件构成图

## 2 关键技术

### 2.1 系统功能模块的集成

#### 2.1.1 系统内部链接的实现

系统通过 VC 函数 ShellExecute( )，实现系统平台和功能模块的相互调用，其函数声明如下：

```

HINSTANCE ShellExecute(
    HWND hwnd, //指向父窗口的句柄
    LPCTSTR lpOperation, //命令执行语句
    LPCTSTR lpFile, //指定执行文件
    LPCTSTR lpParameters, //传递调用参数
    LPCTSTR lpDirectory, //指定缺省目录
    INT nShowCmd, //程序打开时显示方式
);

```

#### 2.1.2 登陆信息传递的实现

系统平台在调用功能模块的同时，还应将系统服务器的 IP 地址和端口号传递给功能模块程序，避免操作手重复的输入。在系统中搭建平台和功能模块共用数据库，用于存储连接成功的 IP 地址和端口号，当功能模块被调用时，程序中的套接字直接从数据库中获得 IP 地址和端口号完成网络连接。

### 2.2 三维模型的构建及优化

#### 2.2.1 三维模型的构建

装填车操作训练涉及到的部件多、结构复杂，建模工作量较大。在建模时，对操作训练中涉及到的部件构建其精细模型，其余部件构建简化模型并通过纹理贴图提高其逼真度。系统选用 3ds Max 和 Creator 构建系统三维模型，用 3ds Max 完成部件实体模型的构建，将模型导入 Creator 进行纹理贴图、设置 DOF 节点和划分层次结构。其构建步骤如图 3。

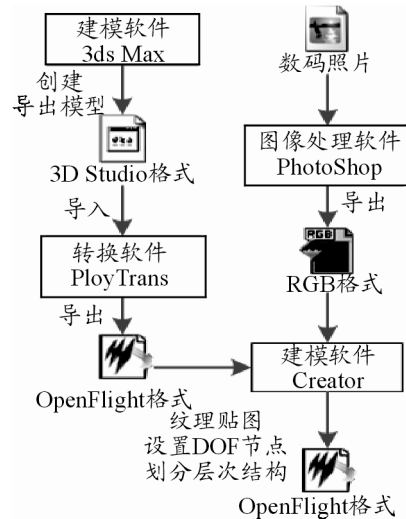


图 3 三维模型构建步骤图

#### 2.2.2 三维模型的优化

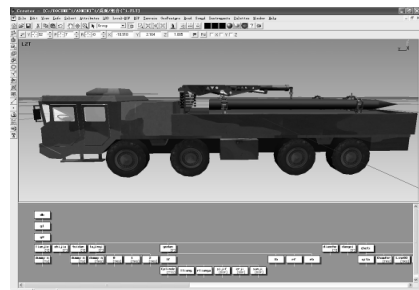


图 4 装填车三维模型图

为提高系统视景渲染速度，需对三维场景进行优化，主要方法包括：一是使用 Creator 中的 CombineFaces 命令减少模型多边形数量；二是对外观相同、空间位置不同的模型使用对象实例化构造；

三是调整数据库层次结构, 设置 DOF 的节点, 根据部件模型运动仿真的需要设置层次结构, 其余节点按照其真实的空间位置进行分组以加快场景的渲染速度。经优化装填车模型的多边形数量由 32 246 个减为 12 576 个, 文件大小由 8.59 M 减为 4.16 M。其效果如图 4。

### 2.3 流程判断的实现

装填车的操作步骤按时序可分为串行操作步骤, 即主操作步骤和多名操作手同时进行的并行操作步骤。将操作步骤分为 55 个主操作步骤, 主操作步骤最多包含 6 个并行操作步骤。为了标识每个操作步骤, 系统为每个操作步骤设定了唯一的四位整型操作参数。首位为操作手标识位, 中间两位为主操作步骤标识位, 末位为并行步骤标识位。构造流程判断函数  $Judgement(int i)$  接收到操作参数后, 通过公式 (1) 即可获得相应的操作信息。

$$\begin{aligned} \text{操作手标识位 } s &= \text{操作参数 } p / 1000 \\ \text{主操作步骤 } i &= (p \% 1000) / 10 \\ \text{并行操作步骤 } j &= (p \% 1000) \% 10 \end{aligned} \quad (1)$$

为记录每次的操作信息, 在  $Judgement(int i)$  中定义一个静态的整型二维数组 `static int Store[55][6]`, 数组的一列代表一个主操作步骤, 每列中的元素代表并行操作步骤。在数组初始化时, 将有操作的数组元素赋值为 0, 其余的为 1。程序运行中当步骤正确时, 将相应的数组元素赋值为 1。通过判断数组元素是否为 1 来确定当前操作是否执行完毕, 通过对一系列元素进行逻辑与操作来判断该主操作步骤是否执行完毕, 通过判断当前的操作和上一步的主操作步骤是否执行完毕, 来判断当前的操作流程是否正确。其判断流程如图 5。

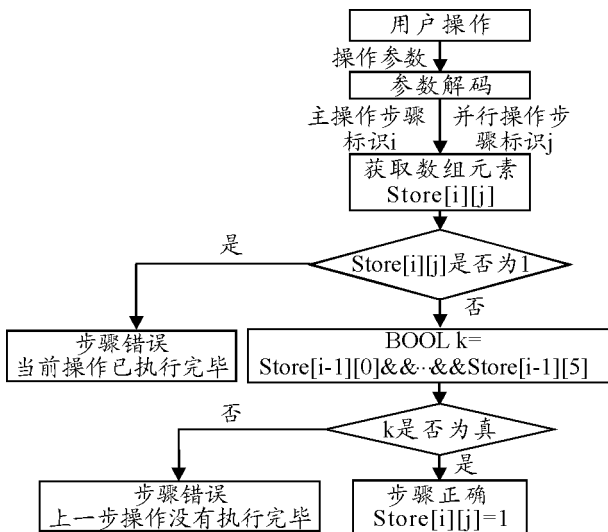


图 5 函数  $Judgement()$  判断流程图

## 3 主要功能模块开发

### 3.1 单兵操作训练模块的实现

该模块选择鼠标为外围控制设备, 采用基于虚拟面板和按钮操作 2 种方式进行交互。对于操作特征明显、流程清晰的操作步骤 (如监控台的操作) 采用虚拟面板的操作, 如图 6。对于架设梯子、操作手上车等操作不易表现的操作步骤, 采用文字说明按钮来操作, 如图 7。虚拟面板的操作需使用 Vega 提供的用于鼠标拾取的 `vgPicker` 类。系统通过自定义的函数 `CreatePicker()` 调用 Vega 的 API 函数创建并设置鼠标拾取事件, 调用 VegaAPI 函数 `vgGetPickerPickedPart (vgPicker *pick)` 和 `vgGetName (vgCommon *handle, char *str)` 获取拾取部件的名称作为判断函数 `DoPicker (CString str)` 的参数。通过 VegaAPI 函数 `vgPosVec (vgPosition *pos, float x, float y, float z, float h, float p, float r)` 和 `vgPos (vgCPos *handle, vgPosition *pos)` 实现视景视角的转换和模型部件的运动。



图 6 虚拟面板操作效果图 图 7 文字说明按钮操作效果图

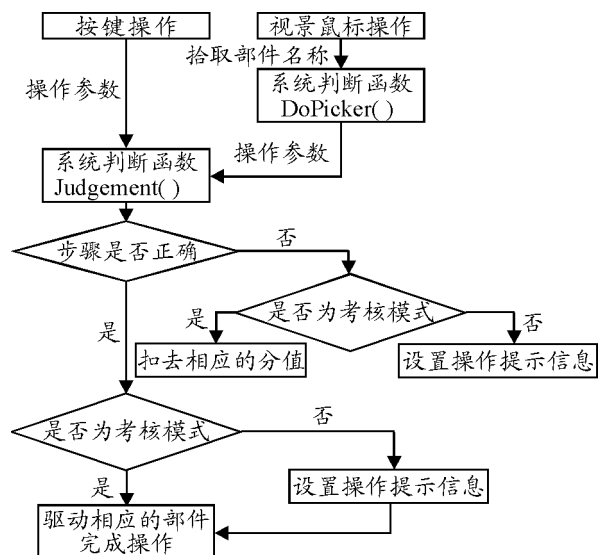


图 8 单兵操作训练模块运行流程图

通过虚拟面板或文字说明按钮执行的步骤经系统判断函数确认正确后, 系统给出相应的响应达到交互, 其流程如图 8。模块运行效果如图 9。在训练

模式下，界面左侧为操作提示栏，用于显示每个操作手下一步应进行的操作；在考核模式下，界面左侧为操作时间和考核成绩显示栏。界面下侧为文字说明按钮操作区，按钮操作区采用属性页的方式分别显示每个装填车操作手的操作步骤。界面右侧为视景显示、虚拟面板操作区。

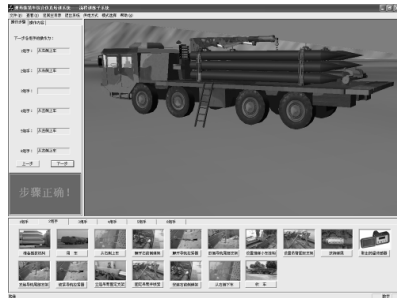


图 9 单兵操作训练模块运行效果图

### 3.2 协同操作训练模块的实现

在装填车的操作中，吊弹操作难度大，对操作手要求高，需要多名操作手的相互协同来实现。协同训练中各操作台需要传递的信息主要包括部件运动信息和手势信号信息。定义结构体 `Parameter` 用于传输信息，其定义如下：

```

struct Parameter
{
    CString partname; //操作部件名称
    double Position[6]; //部件位姿参数
    bool gesture; //手势显示状态
    CString gesture name; //手势名称（上、下、左、右）
}

```

协同训练中，当任一操作手激发仿真事件后，系统自动将操作信息进行编码给 `Parameter` 结构体赋值，并通过连接套接字将 `Parameter` 结构体发送给服务器，服务器将数据发送给所有的客户端。客户端接收到传输数据后，通过 `Parameter` 结构体的数据成员 `partname` 和 `Position` 获取运动部件和其运动后的位姿，并通过函数将其转换为 `VegaAPI` 函数 `vgPosVec ( vgPosition *pos, float x, float y, float z, float h, float p, float r)`和 `vgPos ( vgCPos *handle, vgPosition *pos)`的参数，实现部件运动；通过数据成员 `gesture` 和 `gesturename` 确定手势的显示状态和手势的名称，调用 `vgAddSceneObj (vgScene *scene, vgObject *obj)`和 `vgRemSceneObj (vgScene *scene, vgObject *obj)`实现手势信号的显示和消失。图 10 为协同训练中某操作手根据吊弹的位置实时发出指示手势信号，图 11 为起吊台操作手根据接受的手势

信号对起吊台进行操作。

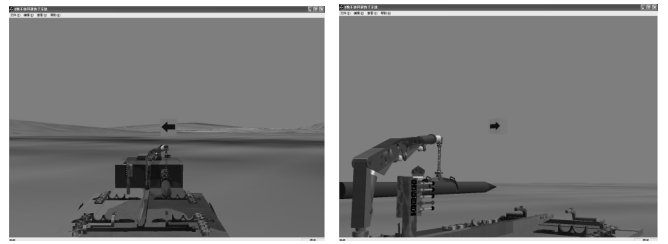


图 10 协同训练效果图 图 11 协同训练效果图

### 3.3 其它功能模块的实现

操作监控模块和学员观摩模块实现原理和协同训练类似，即通过操作信息的编码传输来实现。此外，操作监控模块和学员观摩模块还具有多通道查看功能，即实现同屏幕分区域实时显示某些操作手的操作情况。通过在 `Vega` 的图形用户界面 `Lynx` 中设定多个观察者并为每个观察者绑定一个通道，在 `MFC` 中通过调用 `VegaAPI` 函数 `vgAddObservChan(vgObsever *obs, vgChannel *chan)` 和 `vgRemObservChan(vgObsever *obs, vgChannel *chan)`实现通道在视景中的显示和隐藏。如图 12，屏幕分为 4 个区域分别显示 4 个操作手的操作情况。

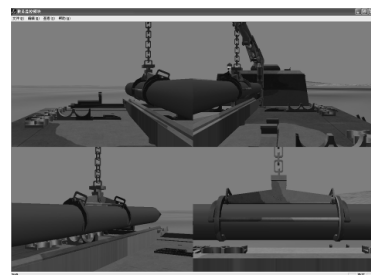


图 12 多通道查看显示效果图

## 4 结束语

该系统实现了单兵训练、协同训练、训练监控、观摩和系统管理等多项功能。经实际运用，该系统运行稳定，达到了设计要求，提高了训练的效果。

### 参考文献：

- [1] 杨光, 杨清文, 房施东, 等. 火箭炮瞄准装置技术检查训练仿真研究[J]. 计算机工程与设计, 2008(21): 5630-5632.
- [2] 郑阿奇, 丁有和, 郑进, 等. Visual C++实用教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [3] 苗玉敏. 3ds Max 9 从入门到精通[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [4] 王乘, 周均清, 李利军. Creator 可视化仿真建模技术[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.
- [5] 王乘, 李利军, 周均清, 等. Vega 实时三维视景仿真技术[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.