

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.01.030

导弹试验可视化仿真系统

李大雨, 刘新文, 陈永明
(防空兵指挥学院 靶机教研室, 河南 郑州 450052)

摘要: 以 VC++ 作为开发平台, 利用 3DS MAX 建模工具和 OpenGL 提供的图形函数库建立导弹实体模型, 进行导弹的飞行仿真, 逼真地显示导弹从发射到击中目标爆炸的全过程。重点分析了导弹实体模型的建立、导弹的运动过程以及基于粒子算法的尾焰和爆炸碎片的绘制、声音效果的处理、视点的设置等。该仿真系统能为提高模拟训练水平奠定基础。

关键词: 仿真; 可视化; 粒子

中图分类号: TP391.9 **文献标识码:** A

Visualization Simulation System of Missile Examination

LI Da-yu, LIU Xin-wen, CHEN Yong-ming
(Staff Room of Target Drone, Air Defense Forces Command Academy, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Taking VC++ as developing platform, use 3DS MAX and Open Graphics library (OpenGL) graph function library to establish the missile entity model, carry through missile flying simulation and display the whole process vividly from launch to explosion after hitting object. Focus on analyzing the establishment of missile entity model, the process of movement, the drawing of blaze and exploded fragments based on particle algorithm, the disposal of audio effect and the setup of view point. The simulation system can establish foundation for improving simulation training.

Keywords: Simulation; Visualization; Particles

0 引言

可视化仿真的主要目的是给用户提供一个多视点、多角度、多层次观察仿真进程的人机交互环境, 用户可以直观地修改仿真参数, 系统可以根据修改的仿真参数显示出仿真结果。在军事仿真领域中, 可视化技术有着广泛的应用前景, 比如进行作战指挥模拟、新型武器的使用培训等。故设计一种导弹试验仿真系统, 包括导弹发射、导弹在空中飞行、导弹击中目标靶以后的爆炸等仿真功能。

1 导弹实体模型的建立

要想获得较逼真的仿真效果, 需要进行导弹、导弹发射台以及目标靶的数学建模, 以构建虚拟仿真环境。但 OpenGL 并没有提供构建三维模型的高级命令, 它是通过基本的几何图元一点、线及多边形来建立三维立体模型的, 这种方法显然太繁琐, 而且修改模型时的效率也比较低。故在本系统中, 首先采用三维图形软件 3DS MAX 建立导弹等实体模型, 再把这些模型 (3DS 格式) 读取到 OpenGL 中, 并对其进行控制。在 OpenGL 中读取 3DS 格式文件, 需要以下 2 个步骤:

1) 文件内容的读入

根据 3DS 文件的结构定义, 采用面向对象的技术, 把 3DS 文件对 3D 模型的描述信息进行数据抽象, 首先, 定义一系列的结构 (struct), 用于存放对象的材质、位置矢量、关键帧等, 然后, 定义用于处理 3DS 文件中各种对象的 CTriObject 类和处理对象序列的 CtriList 类, 最后, 定义一个 3DS 文件的读入类 C3dsReader, 用于将 3DS 文件中的内容读入到上述 2 个对象中。

2) 3D 对象的绘制

通过 C3dsReader 类, 可把 3DS 文件的信息读入到 CTriObject 类的对象中, 对象的绘制就是根据 CTriObject 类中保存的信息, 用 OpenGL 绘图命令绘制出来, 对象的外部形状主要是采用三角形来近似的, 并通过 OpenGL 赋予对象材质、纹理等效果。

将 3DS 模型导入到 OpenGL 场景中时, 可能会出现其大小及位置与预期的偏差, 此时, 可通过 OpenGL 提供的函数对目标模型进行缩放、平移、旋转等操作, 把它调整到合适的大小及位置。

2 仿真过程的可视化

2.1 导弹飞行仿真

导弹飞行仿真是在视景系统中模拟导弹的六自

收稿日期: 2009-07-26; 修回日期: 2009-09-24

作者简介: 李大雨 (1978-), 男, 安徽人, 2004 年硕士毕业于国防科技大学, 从事遥控靶机研究。

由度，包括三维位置坐标（X、Y、Z）的变化和 3 个姿态角（俯仰角、滚转角、偏航角）的变化。因此，导弹在三维场景中的运动就可以利用 OpenGL 中的平移函数 `glTranslatef()` 和旋转函数 `glRotatef()` 来实现。首先设置 VC++ 的定时器函数 `SetTimer()`，然后在视图类的 `OnTimer` 事件中，添加定时器响应函数和场景更新的代码，最后，在绘图函数里进行交换帧缓存来实现导弹的运动仿真。主要代码如下：

```
void CMissileView::OnTimer(UINT nIDEvent) //定时器响应函数
{
//添加定时器响应函数和场景更新函数
Invalidate(FALSE); //刷新场景
.....
}
void CMissileView::Render() //绘图函数
{
.....
glFlush(); //更新窗口
::SwapBuffers(m_pDC->GetSafeHdc());
//交互缓冲区
}
```

2.2 导弹尾焰的绘制

为了使仿真的效果更加逼真，还要在导弹的尾部添加尾焰，并使尾焰跟随导弹一起运动。通过粒子系统来完成添加尾焰，其基本原理是用大量的粒子对仿真对象的流体力学原理进行模拟。

首先定义粒子的属性，主要包括：粒子的当前状态、粒子在 3 个方向上的位置坐标、粒子的位移距离、粒子的颜色、粒子的淡化速度、粒子的加速度等。定义粒子属性的结构体如下：

```
typedef struct
{
Bool active; //粒子的状态，即是否被激活
GLfloat x,y,z; //粒子的位置坐标
GLfloat dx,dy,dz //粒子的位移距离;
GLfloat r,g,b; //粒子的颜色;
GLfloat dim; //粒子的淡化速度
GLfloat ax,ay,az; //粒子的加速度
}particles;
```

在程序中，先要把所有粒子都激活，然后随机设置每个粒子的淡化速度，并根据导弹位置实时设置粒子坐标，使其跟随导弹运动，形成尾焰的效果。

2.3 碰撞检测

在 OpenGL 中，任何一个物体在场景中都有一个确定的位置、大小，可用一个位置框来表示。当一个运行物体（导弹）的位置框与另一个物体（靶

标）的位置框相遇或相交时，就定义为这 2 个物体发生碰撞。依此可判断导弹是否击中靶标（是否发生碰撞），如是，则播放爆炸声音，并绘制爆炸碎片。

2.4 爆炸碎片的绘制

同尾焰的绘制一样，爆炸碎片的绘制基于粒子算法。爆炸粒子图像的形成基于一个平面矩形，在矩形上贴有粒子图片。爆炸时，每一个无序的粒子都用一个带有粒子贴图的矩形块的运动代替，这个带有粒子贴图的矩形块在作透明等处理后，图像是一团火球，众多火球在一起就是爆炸后的图像效果。

3 虚拟环境仿真

3.1 声音效果仿真

逼真的音响效果可以增加仿真的真实性。本系统要模拟的声音效果主要是导弹发射时的轰鸣声、飞行时的呼啸声以及导弹击中靶标后的爆炸声，这些都可以借助于一个免费的声效库 SEAL Synthetic Audio Library，采用拟音的方法来实现。声音效果的处理包括以下步骤：

1) 音频设备的初始化，实现函数为：

```
UINT WINAPI Ainitialize(VOID)
```

2) 装入音频文件，实现函数为：

```
UINT WINAPI ALoadWaveFile()//装入一个 wave 格式的音频文件。
```

3) 播放音频文件，实现函数为：

```
UINT WINAPI APlayVoice()//开始播放一个波形文件。
```

4) 停止播放音频文件，实现函数为：

```
UINT WINAPI AStopVoice()//停止播放一个波形文件。
```

以上函数如果调用成功，则均返回一个整数 0。另外，根据需要，在系统中还设置了一个控制音量的函数 `ASetModuleVolume(int n)`，通过改变 `n` 的值就可以控制音量的大小。

3.2 背景环境仿真

背景环境仿真主要包括地形模型建模和天空建模，由于本系统的主要目的是导弹试验过程仿真，对地形和天空的可视化程度要求并不高。因此，地形的绘制采用随机生成地形的的方法，即首先随机生成一些特征点的高程数据，然后在特征点之间采用曲线拟合的方法生成比较平滑的地形，最后在网格上根据高程数据直接将外部纹理映射上去，形成三维随机动态地形效果。

天空的绘制是通过建立一个 5 个面（前、后、左、右、上）的天空盒，然后上面进行纹理贴图来实现的。由于在整个导弹飞行过程中，人的视点始终要位于场景之中，因此，天空绘制要有足够大的飞行范围，人的视点就设置在这个天空盒内。5 个面均由四边形构成，每个面的建立采用 OpenGL 提供的四边形绘制函数来实现，最后将 5 幅天空纹理图分别绑定到每个面上。

3.3 视点漫游仿真

为满足位于不同位置上的观察点对仿真情景进行观察的需要，系统设置了 3 种视点状态，切换不同的视点可以实现在不同位置的观测，并在系统中添加了按键响应函数，按下键盘上的数字键 1、2、3 可以分别进入相应的视点状态。视点设置主要是通过如下函数来完成：

```
gluLookAt(g_eye[0],g_eye[1],g_eye[2],Missile_x, Missile_y, Missile_z,x,y,z);
```

其中，g_eye[0],g_eye[1],g_eye[2]代表视点方向，并且可以通过键盘上的方向键进行调整，Missile_x, Missile_y, Missile_z 代表目标点坐标，x,y,z 代表指定的方向，通常将 y 设置为 1，代表向上的方向。系统的仿真效果如图 1。



图 1 导弹试验仿真效果图

4 结论

该系统模拟了导弹从发射到击中目标爆炸的全过程，对音响效果、背景环境等进行了处理，仿真界面具有较高的逼真度，并可进行多视点观察。为了增加训练的针对性和训练难度，还可将系统中目标靶设置成移动的，或设置成在空中飞行的靶标。

参考文献：

[1] Richard J. Wright. OpenGL 超级宝典[M]. 北京：人民邮电出版社，2005.
 [2] 和平鸽工作室. OpenGL 高级编程与可视化系统开发[M]. 北京：中国水利水电出版社，2006.
 [3] 向世明. OpenGL 编程与实例[M]. 北京：电子工业出版社，1999.

(上接第 90 页)

适合该系统图形化人机界面的设计有基于 VC++、EVC++、MATLAB、LabVIEW 等方式。本电机测试系统采用美国国家仪器公司 (NI) 功能强大的 LabVIEW 软件工具和 PXI 模块化数据采集仪器，构成一体化的电机实时测试和控制系统。系统能够自动完成设备的实时控制、数据采集和参数分析，以 Excel 等软件格式保存测试数据或打印报告。

3 实验及结果

实验用绵阳圣维公司 SWAI-SC 系列驱动器、配套电机及 SWAI-FA 上位控制系统。电机额定转矩为 5 NM、额定转速为 2 000 r/min。电机的额定功率：

$$P = TN = \frac{5 * 2\,000 * 2\pi}{60} \approx 1.05 \text{ kW}$$

实验图形如图 6（驱动器转速为 800 r/min）可见：转矩的响应时间、平稳性等效果很好。实验中，驱动器均正常工作，呈现出良好的动、静态性能。

4 结语

实验表明，该方案合理、可行。此外，与市面上应用的同类产品相比，该系统具有极高的性价比。

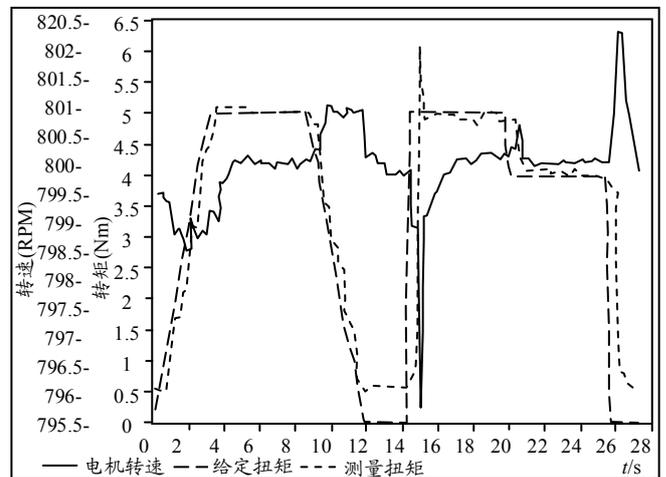


图 6 实际测试电机曲线

参考文献：

[1] 陈崇森. 数控机床永磁同步电机伺服驱动系统关键技术研究[D]. 广州：华南理工大学，2008: 1-3.
 [2] ABB. ACS800 固件手册[M]. 北京：ABB 电气传动有限责任公司，2002.
 [3] 郭庆鼎, 孙宜标, 王丽梅. 现代永磁电动机交流伺服系统[M]. 北京：中国电力出版社，2006.
 [4] 张承慧. 变频调速系统效率优化控制、理论与应用[D]. 济南：山东大学，2001.