

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.04.013

武器装备视景数据采集、管理与展示系统

吴天羿, 张宏军, 许继恒

(解放军理工大学 工程兵工程学院, 江苏 南京 210007)

摘要: 针对武器装备的三维战场仿真平台建立的需求, 设计了一套基于人机交互的视景采集、管理与三维场景显示的系统方案。规划了系统的总体设计, 针对采集到的武器数据进行分类管理和数据的获取。该系统主要基于 OSG 技术, 通过读取三维模型数据, 实现了武器装备的静态细节展示和场景漫游效果。实验结果表明, 该系统集交互性与真实性于一体, 并且能极大节省直接基于图形编程语言建模和开发系统所需的时间和劳动量。

关键词: 武器装备; OSG; 展示; 漫游; 地形匹配

中图分类号: TP274 **文献标识码:** A

Weapon and Equipment System for Visual Data Collection, Manage and Display

WU Tian-yi, ZHANG Hong-jun, XU Ji-heng

(Engineering College of Engineering Corps, PLA University of Science & Technology, Nanjing 210007, China)

Abstract: According to the requirements of three field simulation flat for weapons and equipments, design the visual data collection, management and three dimensional environment display system based on man-machine interaction. It layouts the architecture of this system, classifies and manage the collected data of weapons and equipments. Based on OSG technology, it is realized the display of static details and the effect of contextual roaming of weapons and equipments by reading three-dimensional model data. The result of experiment shows that the system integrates interaction with reality. Moreover, it greatly saves the time and the amount of labor which are directly based on Programming Languages for Graphics and the development.

Keywords: Weapons and equipments; OSG; Display; Wander; Matching of terrain

0 引言

随着计算机图形学的深入实践及计算机硬件水平的提升, 已不能满足传统的二维视觉感受和体验。近年数字三维技术在国内外和军民领域都得到了突飞猛进的发展。武器装备展示由于实物自身的高耗费性、高成本性、低产量性, 不可能广泛使用实体装备进行展示。同时, 由于传统二维武器装备图像、图片和文字的展示缺乏交互性、直观性和动画性, 已很难满足部队的需要, 故建立数字化的三维装备模型, 以提高展示的视觉效果和交互效果, 并利用数字三维技术模拟武器装备的战场仿真平台, 为单兵训练、部队作战指挥、地形勘察、战场态势显示、地形分析、地理查询等提供可视化、自动化的作业手段, 为作战仿真提供基础信息的支持。

1 系统总体结构

根据系统的运作流程, 系统结构分为模型设计层、数据库应用层、功能设计层和系统应用层 4 个层次, 总体示意如图 1。

处于系统的最底层的模型设计层负责收集数据并建立实体模型。OSG 支持大量常用的 2D 图形文

件格式, 包括 .bmp、.dds、.gif、.jpeg、.pic、.png、.rgb、.tga 和 .tiff。OSG 还支持各种 3D 模型文件格式, 其中包括 3D Studio Max (.3ds)、Alias Wavefront (.obj)、Carbon Graphics' Geo (.geo)、Collada (.dae)、ESRI Shapefile (.shp)、OpenFlight (.flt)、Quake (.md2) 和 Terrex TerraPage (.txp) 等常见格式。经过采集和加工后的模型数据进入系统的基础层—数据应用层完成分类和存储, 并通过其建立数据库和系统的联系, 完成数据的管理和调用。功能设计层显示出系统主要功能: 单装备展示、武器装备漫游。通过这两项功能, 能很好地展示出装备模型的静动态外观、性能参数以及作业态势。

2 武器装备视景数据采集与管理

2.1 武器装备数据的分类与管理

系统数据库采用 SQL SERVER, 并将系统界面的数据操作实时填写在数据库表中。系统将所有的武器装备分为 3 类。1) 第 1 级: 区域级—国内、国外; 2) 第 2 级: 军种级—陆军、海军、空军; 3) 第 3 级: 兵种级—陆军 (坦克类、火炮类、导弹类、装甲输送类、装甲技术保障类、装甲工程类等)、

收稿日期: 2009-10-13; 修回日期: 2009-12-24

作者简介: 吴天羿 (1984-), 男, 江苏人, 解放军理工大学在读硕士研究生, 从事军事建模与仿真研究。

海军（舰艇类、潜艇类、航母类等）、空军（飞机类、导弹类等）。同时，系统根据各种具体装备的结构组成和功能，为其分别建立各自的属性表，如表1，以进行单装备的点选操作以及局部注释。

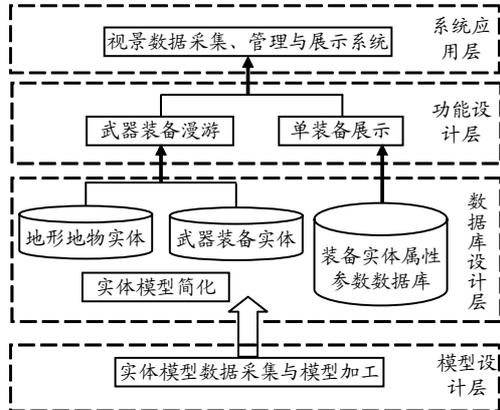


图1 武器装备视景数据采集、管理与展示系统的总体结构

表1 99tanker 属性表

名称	轮胎	履带	炮塔	装甲
99式主战坦克	Diamete: 80 cm	Intensy: 30 cm	Caliber: 125 mm	Thickness: 50 cm
克

系统数据分为纹理数据、文字数据（注释）、模型数据（含材质和零部件模型数据）。数据的分类和管理如图2。



图2 数据分类和管理

2.2 数据获取的方法

系统的数据获取流程图如图3。

建立武器装备模型是整个模型展示和数据获取的基础环节，逼真的模型对于提高展示效果有着决定性的作用。但由于逼真的装备模型运用到的面片数和建模技巧都很多，直接使用 OSG 等程序语言建立模型较为复杂和繁琐，特别是某些模型由许多曲面组成，因此采用先在 3DSMAX 中建模，然后通过读取由 .3DS 格式转化的 .OSG 格式的三维模型并且加载相应的纹理、文字及光源数据得以显示。

针对所需获取的模型数据，强调以下几点：

1) 在建模前就要对所建模型有比较熟悉的认识，规划好模型各部分的比例和尺寸。针对具体模型，划分模型零部件的组成部分，划分原则可以是：(1) 相对集中的零部件一组；(2) 同种材质的一组；(3) 同种纹理、贴图的一组；(4) 活动部件与静态部件分离；(5) 需要单独展示的或有文字数据介绍的部件单独分离；(6) 分组的数目不易太多；(7) 不要忽略不同模型装备零部件的通用性和可拆装性。这样，可方便实体模型的管理和编辑。

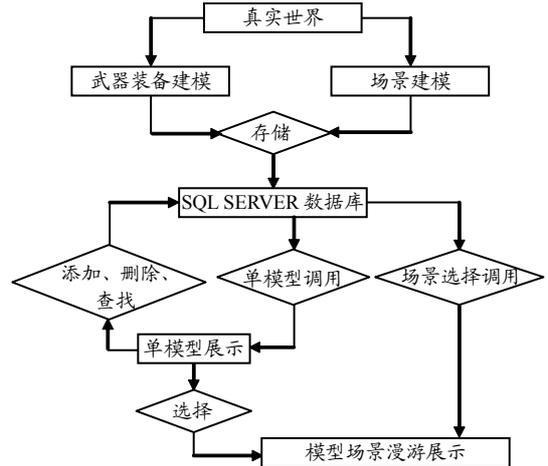


图3 系统的数据获取流程图

2) 在不太影响模型逼真度的前提下，尽可能减少模型的面片数，删除掉看不见的面片。根据模型展示的不同应用层次，可按：(1) 清晰分辨率（应用于对模型细节的展示、观察与分析）；(2) 高分辨率（应用于小场景，近距离）；(3) 一般分辨率（应用于大场景中，近距离）；(4) 较低分辨率（应用于大场景中，远距离或运动物体）等4个分辨率级别建造模型的各个部件。

譬如对于单个模型的展示，可以进行清晰建模，而当模型放置场景中进行漫游操作展示时，可以进行一般或较低分辨率建模，图4为不同应用层次的相应分辨率模型。

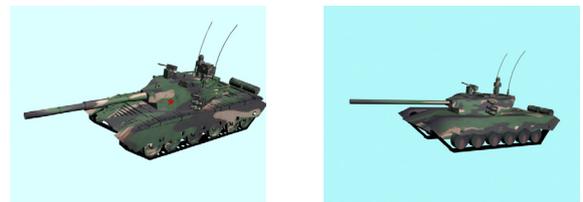


图4 单展示的清晰分辨率模型和场景漫游中一般分辨率模型

3) 模型存储的路径以及模型自身的命名不要用中文，以避免读不出模型数据。

3 系统集成实现

3.1 系统实现

系统使用 VC++2005 的 MFC 单文档为基本框架，主界面分 2 个部分：左部分为采用树型结构的模型数据管理视图，显示着库中模型，并分类保存，可进行添加、删除、属性更改等操作；右部分为 OSG 模型展示视图，负责更新显示所选的装备模型并进行漫游演示，武器装备模型的主要设置如图 5。

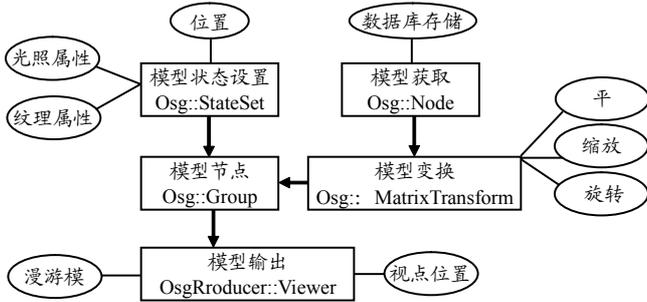


图 5 OSG 中装备模型的主要设置

系统主要有如下几类：ADConn 类，负责连接 SQL SERVER 数据库；CoreOSG 类，设置 OSG 显示三维模型的参数；Tree 类，对所有模型数据进行分类显示并执行添加、删除、更改等操作；View 类，负责模型展示和模型漫游的输出显示；InsertModel 类，按照不同级别添加模型；ALterModel 类，更改模型的纹理、注释等属性数据；Pick 类和 PickNode 类，负责对模型进行点选操作并显示文字注释。

在 CoreOSG 类中，创建 OSG 窗口的图形上下文，并设置场景渲染的摄像机。主要代码如下：

```
RECT rect;
::GetWindowRect(m_hWnd, &rect);
osg::ref_ptr<osg::GraphicsContext::Traits>m_Trait= new
    osg::GraphicsContext::Traits;
osg::ref_ptr<osg::Referenced> windata = new
    osgViewer::GraphicsWindowWin32::WindowData
    (GetSafeHwnd());
m_Trait->x = 0;
m_Trait->y = 0;
m_Trait->width = rect.right - rect.left;
m_Trait->height = rect.bottom - rect.top;
.....
osg::GraphicsContext *gc=osg::GraphicsContext::
    createGraphicsContext (m_Trait.get());
osg::ref_ptr <osg::Camera> camera = new osg::Camera;
camera->setGraphicsContext(gc);
camera->setViewport(new osg::Viewport(m_Trait->x,
    m_Trait->y,m_Trait->width,m_Trait->height);
```

Pick 类的设计如下：在 Pick 类先定义函数 virtual bool handle(const osgGA:: GUIEventAdapter &ea , osgGA:: GUIActionAdapter& aa), 为处理 GUI 事件的类提供一个基本接口，再编写 void pick(osgViewer::

Viewer* viewer, const osgGA::GUIEventAdapter& ea), 负责选取并操作场景中的模型，pick 函数的主要代码如下：

```
osgUtil::LineSegmentIntersector::Intersections intersections;
if(viewer->computeIntersections(ea.getX(),ea.getY(),
    intersections))
{ osgUtil::LineSegmentIntersector::Intersections::
    iterator hitr=intersections.begin();
    osg::NodePath& np=hitr->nodePath;
    for(int i=np.size()-1;i>=0;--i)
    { picknode=dynamic_cast<pickNode*>(np[i]);
      if(picknode!=NULL&&ea.getButton()==1)
        { picknode->onPicked1();}
      if(picknode!=NULL&&ea.getButton()==4)
        { picknode->onPicked2();}
    }
}
```

上述代码中，调用了 PickNode 类的实例 picknode 的函数 onPicked1() 和 onPicked2(), 如此点选模型的零部件，可进行装备细节的高亮显示和文字注释显示，效果如图 6。



图 6 系统主界面

此外，为了更好地体现数字化战场环境的装备运行效果，系统还赋予了模型路径漫游功能。要实现模型的漫游，关键就是要构建一个合适的虚拟地形环境并且设置好相应的漫游路径。路径编辑的主要任务是制作 PATH 文件，录像与回放的功能也依赖于 PATH 文件的生成。方法是通过以下函数：

```
osgUtil::LineSegmentIntersector::
Intersections::iterator hitr=intersections.begin();
osg::Vec3f point(hitr->getWorldIntersectPoint());
osg::Vec3f normal(hitr->getWorldIntersectNormal(
));
```

取得需要插入的 n 个关键点的坐标及对应的坐标法线向量，将其连接起来形成一个过 n-2 个关键点的曲线，在关键点的头部与尾部进行处理，便可得到此 n 个关键点的曲线。路径所用的插值公式是由 Cardinal 边界条件确定的 Hermite 方程：

$$h(x) = at^3 + bt^2 + ct + d \quad t \in [0,1];$$

$$h(0) = p_1; \quad h(0)' = (1-t) \cdot (p_2 - p_0);$$

$$h(1) = p_2; \quad h(1)' = (1-t) \cdot (p_3 - p_1);$$

p_0, p_1, p_2, p_3 依次为相邻关键点坐标, 解出 a, b, c, d , 然后把 t 从 0 变化到 1 解出整条曲线。这样就可使用这条曲线近似拟合所要漫游的路径, 如图 7。路径获取的原则是在预先制定的路径上, 将地形坡度大致分段, 取坡度相对稳定的段的中心点为关键点, 如此使得在相对稳定的每段路径上, 能够保证坦克运行的姿态稳定。

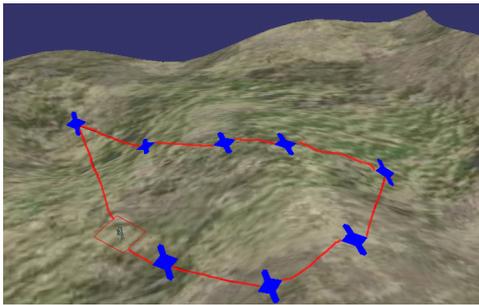


图 7 路径选择示意图

3.2 地形匹配

坦克与地形的碰撞检测又称为地形匹配, 根据三维模型和地形匹配的参考点的不同, 可以将匹配方法分为点匹配、线匹配和面匹配。点匹配方法是在三维模型空间抽取一个关键点代替整个模型与地形进行匹配。线匹配方法是在三维模型空间中抽取 2 个关键点, 并将这 2 个关键点垂直投影到地形表面。面匹配方法, 包括 3 点匹配、4 点匹配和更多关键点匹配, 是较为全面的考虑三维地形环境的匹配方法。

在不考虑悬架的弹性影响下, 假设坦克不离开地面, 履带与地面没有侧向滑移, 也没有纵向打滑, 只作纯滚动的情况下, 运用了 4 点匹配法。由于地形的自然起伏性, 因此在地形匹配中涉及到对支撑平面的确定, 同时还要考虑由于支撑平面的变化导致的坦克的姿态变化。设坦克在自身车轮坐标系 XOY 平面上的投影分别为 w_1, w_2, w_3, w_4 , O 点为坦克底面物理重心也是几何中心, 如图 8。4 点匹配法能真实反映运动物体的基本运动形态, 但 4 个接地点可能不在一个平面上, 需要计算出其中的一个可能悬空点, 具体讲只需要 w_1, w_2, w_3, w_4 中的任意 3 点, 就可完成支撑面的构造。

利用前面求得的 PATH 路径文件, 可计算出近似的坦克运动轨迹, 即可知道 t 时刻时的坦克初始中心坐标 $O(x_0, y_0, z_0)$ 和中心法线向量 $n(a, b, c)$, 继而

根据坦克的履带长 $length$ 和坦克宽 $width$ 求得 w_1, w_2, w_3, w_4 的 t 时刻的初始坐标, 至此得到初始支撑平面的 t 时刻的 5 点坐标值。将 w_1, w_2, w_3, w_4 四点沿着中心法线的方向投影, 记与地形相交的 4 个接地点为 w_1', w_2', w_3', w_4' , 并可求得具体坐标值: $w_1'(x_1', y_1', z_1'), w_2'(x_2', y_2', z_2'), w_3'(x_3', y_3', z_3'), w_4'(x_4', y_4', z_4')$ 。

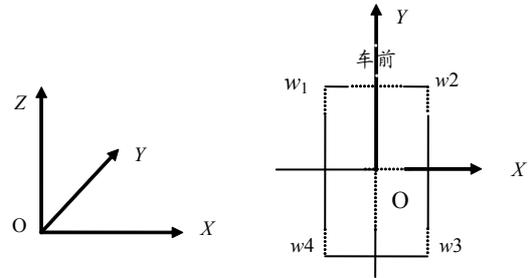


图 8 OSG 坐标系及坦克底面 XOY 平面示意图

由于这 4 个接地点可能不在一个平面上, 则需判定悬空点。判定悬空点的方法是比较两对对角线上的接地点的高程和, 高程和小的两点即为潜在的悬空点。例如若 $z_1' + z_3' < z_2' + z_4'$, 则点 w_1' 或 w_3' 的一个是潜在悬空点, 反之, 则点 w_2' 或 w_4' 的一个是潜在悬空点, 当然若相等则 4 点在一平面。进一步判断, 若已确定点 w_1' 或 w_3' 的一个是潜在悬空点, 则按简单的物理重心原理, 断定高程大的为悬空点, 即若 $z_1' > z_3'$, 则 w_1' 为悬空点。不妨设 w_1' 为悬空点, 则可求得新的稳定的支撑平面 $w_2' w_3' w_4'$ 所确定的新的中心坐标 $O'(\frac{x_2'+x_4'}{2}, \frac{y_2'+y_4'}{2}, \frac{z_2'+z_4'}{2})$, 及新的法线向量 $n(a', b', c')$ 。假设系统的

默认法线为 $(0, 0, \sqrt{a'^2+b'^2+c'^2})$, 则要使物体的中心坐标和法线向量为上述数值, 则需先沿 x 轴旋转 α 角度, 再沿 y 轴旋转 β 角度, 最后, 平移 O' 坐标位置, 则可得到所需姿态位置。 α, β 计算公式如下:

$$\alpha = -\arcsin \frac{b'}{\sqrt{a'^2+b'^2+c'^2}}$$

$$\beta = \arcsin \frac{a'}{\sqrt{a'^2+c'^2}}$$

经过以上计算后, 可重新推算出 OSG 世界坐标系中 t 时刻时坦克的 4 点位置坐标和中心点坐标及法线向量, 从而确定坦克姿态, 所用函数为:

```
osg::ref_ptr<osg::MatrixTransform> kdc=new
    osg::MatrixTransform;
kdc->setMatrix(osg::Matrix::rotate(osg::
```

```
DegreesToRadians(α * 180/osg::PI),1,0,0)*osg::Matrix::rotate
(osg::DegreesToRadians(β * 180/ osg::PI), 0,1,0)*osg::
```

```
Matrix::translate( ( x2'+x4' / 2 , y2'+y4' / 2 , z2'+z4' / 2 ));
```

至此，一个沿特定路径并与地形实时匹配的模型漫游效果完成。下面是 99 式主战坦克的漫游实例，如图 9。



图 9 坦克漫游效果

4 结束语

目前，系统设计已经完成，并已实现武器装备视景数据采集、管理与演示的基本功能，不但节省了直接基于图形编程语言建模的时间和劳动量，并形象直观地展现了武器装备的外观特性，增添了文字性注释和装备的交互操作，而且还利用一种地形匹配算法实现了装备的路径漫游。以该系统为基础进行二次开发，不仅适用于单兵层次的武器装备操

(上接第 39 页)

$$P > \frac{(K_C + 1) \times Q_{BC} + (K_A - K_C) \times Q_{AC}}{(K_C + K_A) \times Q_{BC} + (1 - K_C + K_A) \times Q_{AC} + Q'_C} \quad (8)$$

$$\eta_2 = \frac{(K_C + 1) \times Q_{BC} + (K_A - K_C) \times Q_{AC}}{(K_C + K_A) \times Q_{BC} + (1 - K_C + K_A) \times Q_{AC} + Q'_C}$$

即为第 2 种结果的威慑可信性阈值。

如果 C 方退出介入，A 方停止威慑，此时 $K_A = K_C = 0$ ，威慑可信性阈值变换为：

$$\eta_2^* = \frac{Q_{BC}}{Q_{AC} + Q'_C} \quad (9)$$

4 结论

由威慑态势分析模型和可信性阈值分析模型，从增强导弹武器威慑有效性的角度，可得出结论：

1) 在威慑运作过程中，A 方必须使 C 方相信介入后对其产生的后果 Q'_C 较大，即 A 方要大力发展可以迫使 C 方退出介入的支撑导弹武器作战的

作的模拟训练，也适用于战役战略层次的兵法推演和导调训练。

参考文献：

- [1] Paul Martz. 王锐, 钱学雷 译. OpenSceneGraph快速入门指导—对跨平台开源场景图形API的初步介绍[M]. 2008.
- [2] FreeSouth. 杨石兴. OpenSceneGraph程序设计[M]. 2008.
- [3] 郑浩, 黄鹏程, 王明. 基于OSG的家具展示系统的设计与实现[J]. 中国水运, 2008, 8(3): 239-240.
- [4] 叶乐晓, 王明, 王毅刚. 家具虚拟展示和漫游系统的设计与实现[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(3): 669-672.
- [5] 王悦. OSG窗口与网页浏览器的嵌入[EB]. 2008.
- [6] 许继恒, 殷宏, 赵振南. 基于实体建模的战场环境仿真平台的设计与实现[D]. 军事系统工程委员会第十届学术年会论文. 江苏无锡: 江苏省系统工程学会军事系统工程委员会, 2008: 148-152.
- [7] 杨强. 三维军标生成与态势标绘技术研究[D]. 国防科学技术大学研究生论文. 2006.
- [8] 冯善达, 刘怡昕. 虚拟战场环境中典型碰撞问题研究[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(6): 1582-1584.
- [9] 王文辉, 唐进国, 候学隆, 等. 虚拟战场环境中水陆坦克视景仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(2): 418-420.
- [10] 殷宏, 许继恒, 张宏军. 作战仿真实体可视化数据模型研究[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(10): 2596-2600.
- [11] 施建礼, 刘明刚, 朱平云, 等. 基于DSP的雷达视频数据采集与回放系统[J]. 四川兵工学报, 2009(9):1-4.

各种能力、技术和手段；

2) A 方必须不断提高对 C 方的综合利益 Q_{AC} ；

3) A 方必须不断打压 B 方采取某种后果很严重的行动的空间，减小 C 方对 B 方的综合收益 Q_{BC} 。

参考文献：

- [1] 赵锡君. 慑战—导弹威慑纵横谈[M]. 北京: 国防大学出版社, 2003.
- [2] 王军, 杨柳青. 信息化作战规律[M]. 北京: 国防大学出版社, 2006.
- [3] 刘欣. 导弹武器威慑与攻击非对称作战运用建模及发展需求研究[D]. 北京: 装备指挥技术学院, 2008.
- [4] 张最良, 李长生, 赵文志, 等. 军事运筹学[M]. 北京: 军事科学出版社, 1994.
- [5] 罗小明, 杨娟, 吴钰飞, 等. 弹道导弹攻防对抗的建模与仿真[M]. 北京: 国防工业出版社出版, 2009.
- [6] 汪建光, 罗小明. 战场信息非对称对目标打击与防护的影响分析[J]. 兵工自动化, 2007, 26(12): 52-53.