

文章编号: 1672-8785(2008)01-0006-05

基于虚拟现实的光电对抗仿真系统的研究

吴盘龙¹, 陈 帅², 薄煜明¹

(1. 南京理工大学自动化学院, 江苏南京 210094;

2. 南京理工大学动力学院, 江苏南京 210094)

摘 要: 将虚拟现实技术应用于光电对抗仿真领域, 采用虚拟现实建模软件 Multigen Creator 进行视景建模, 用视景管理软件 OpenGVS 来实现场景驱动, 构建了一个载机光电对抗仿真系统, 并介绍了用 OpenGVS 来开发光电对抗软件所需要解决的几个关键问题, 包括目标的建模、视点的选取, 碰撞的检测, 以及爆炸效果的产生等。最后根据开发的仿真平台, 对红外干扰弹的干扰策略进行了研究。

关键词: 虚拟现实; 光电对抗; Multigen Creator OpenGVS

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A

Research on Simulation of Opto-electronic Countermeasure Based on VR

WU Pan-long¹, CHEN Shuai², BO Yu-ming¹

(1. College of Automation, NJUST, Nanjing 210094, China;

2. College of Power, NJUST, Nanjing 210094, China)

Abstract: The virtual reality technology is used in the simulation of opto-electronic measures. An aeroplane opto-electronic countermeasure simulation system is constructed by using the simulation modeling software, Multigen Creator, and the scene management software, OpenGVS. Some key problems such as modeling of targets, choice of viewpoint, collision detection and explosion effectiveness which should be solved when using OpenGVS to develop the opto-electronic countermeasure software are presented. Finally, the interference of infrared interference bombs is evaluated according to the developed simulation platform.

Key words: virtual reality; opto-electronic countermeasure; Multigen Creator; OpenGVS

1 引言

光电对抗是目前国内外研究的热点之一, 开发光电对抗软件可以对不同的干扰方法的干扰效果进行研究。目前, 我国光电干扰设备的水平与红外制导技术和国外相比, 差距仍然很大。因此, 对各种光电干扰方法的干扰效果进行仿真研究就显得非常重要。三维可视化仿真技术则提出了更高的要求, 它能更逼真地再现光电

对抗的真实场景, 从而达到虚拟现实技术“所见即所得”的要求。

一般的可视化仿真是基于 PC 机环境下的 3DMAX 和 OpenGL, 前者用于实体的建模, 后者则用于实现对模型的驱动。随着计算机技术的飞速发展, 人们对于可视化仿真的要求进一步提高, 提出了虚拟现实 (VR) 的概念。所谓虚拟现实就是利用计算机生成一种模拟环境, 通

收稿日期: 2007-08-07

基金项目: 南京理工大学科研启动基金 (AB41949)

作者简介: 吴盘龙 (1978—), 男, 河南新乡人, 讲师, 博士, 主要从事图像处理和精确制导技术等方面的研究。

过多种传感设备使用户“沉浸”到该环境中, 实现与该环境直接进行自然交互的技术。典型的 VR 系统的组成如图 1 所示。本文先利用 MultiGen Creator 建立仿真系统所必需的复杂三维模型, 然后利用 OpenGVS 实现场景的三维动画驱动。

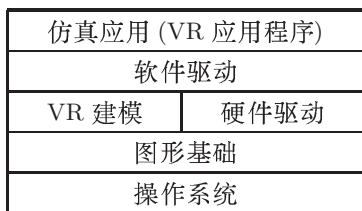


图 1 VR 系统结构图

2 系统建模

MultiGen Creator 是一个功能强大的三维建模专用工具^[1,3], 它具有超大规模的地形数据库、复杂的拓补结构和多种运载工具类型(如车、船、飞行器等)的实体和动态效果。其优点是, 支持网上 DIS 协议, 模型可以分布式驱动, 模型的实时渲染可采用多种图像格式运行, 允许从多个三维视点观看模型, 可以经济高效地提取所有精确的数据等。

MultiGen Creator 三维仿真建模软件系统由 MultiGen 公司出品, 它能提供创建和编辑数据库文件的可视化环境, 它是用统一的图形数据描述格式 (OpenFlight) 描述模型和用几何层次结构及属性来描述三维物体的。OpenFlight 数据格式已成为虚拟现实业界的事实标准。

在建立三维模型的过程中, 特别运用了 MultiGen Creator 的以下一些技术:

(1) 飞机、导弹的基本结构: 自然界的绝大多数景物均为理想的漫反射体, 其模型被称为朗伯漫反射模型, 本文所组织的轰炸机、导弹三维模型即为此类模型, 且轰炸机、导弹的有些部件是对称的。

(2) 细节度 (LOD) 的运用: LOD 可使模型在较远的地方变得比较粗糙, 数据量较小, 但又不影响真实感; 在较近的地方, 真实感则大大加强。在设置变化的距离时, 可根据实际而定。在 LOD 的选项中, 使用 Morph 功能可以使在远近之间进行切换时的变化变得比较平缓, 而不出

现实变。

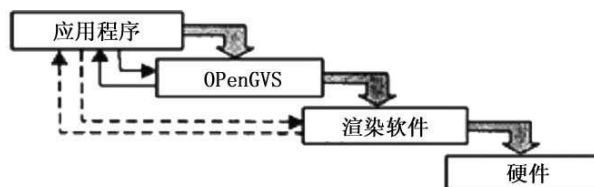
(3) 自由度 (DOF) 的运用: DOF 用来在数据库中定义模型某一部分的移动和旋转。在进行状态转变时, 可用 Switch 来控制。Switch 本身能够按照顺序控制模型, 在 OpenGVS 程序设计中对其控制也很方便, 便于在交互式虚拟现实应用中应用。

(4) 纹理贴图: 纹理贴图是实现场景真实感的一个重要途径。这些纹理来自网络上下下载的图片, 经过 Windows 的画图或 PhotoShop 等工具编辑处理后, 即可作为飞机的纹理。

3 用 OpenGVS 实现三维仿真软件

3.1 OpenGVS 简介

OpenGVS 是 Quantum3D 公司的用于视景仿真软件实时开发的产品, 其易用性和重用性好, 并具有良好的模块性、编程灵活性和可移植特性^[2]。OpenGVS 的体系结构如图 2 所示。OpenGVS 的 API 分为视点、通道、烟雾、帧缓存、几何体、光源、对象、视景、工具、特效等各种资源, 开发者可以按照程序的需要调用这些资源来驱动硬件实时产生所需的图形和效果。



——表示应用程序对 OpenGVS 函数的调用与返回
 - - -表示对底层渲染程序的调用与返回 (例如调用 OpenGL、3Dfx、Glide、Direct 3D 等)

图 2 OpenGVS 的体系结构

3.2 OpenGVS 接口及视点的设置

OpenGVS 是构建于多种 3D API 的渲染机制基础之上的。在采用 OpenGVS 开发软件系统时, 首先要设置应用程序与 OpenGVS 软件之间的接口, 主要有帧缓存、视景、视点、通道以及光源等。在完成资源的连接后, 就可以向视景加入用户定义的对象。

在光电对抗的仿真中, 合适视点的选择显得尤为重要。如果选择了一个好的视点, 人们就

能够实时地看到导弹和飞机所作的各种动作,并能定性地看到干扰效果,使仿真显得更加逼真。OpenGVS 提供了一个能够控制视点的非常好的资源——相机。

每个相机都有一个或多个平台。创建相机之后,这个相机就会自动包含一个平台,并将编号记做 0。对于简单的应用,这就已经足够了。但对于更复杂的视景,则需要创建多个平台,并将编号依次记为 1、2、3 等。每个平台都有自己的位置和转角,但每个平台都是相对于编号比自己小一的那个平台定义的。而编号为零的那个平台的缺省位置就是世界坐标系的 $\{0,0,0\}$,也可以人为地进行设置。本文的相机创建了两个平台,编号为 0 的基平台绑定在飞机上,编号为 1 的平台相对于上一个平台定义位置,使观察者能够较好地看到逼真的场景^[4]。图 3 和图 4 是仿真时某一瞬间 OpenGVS 的显示效果。



图 3 场景的效果图 1

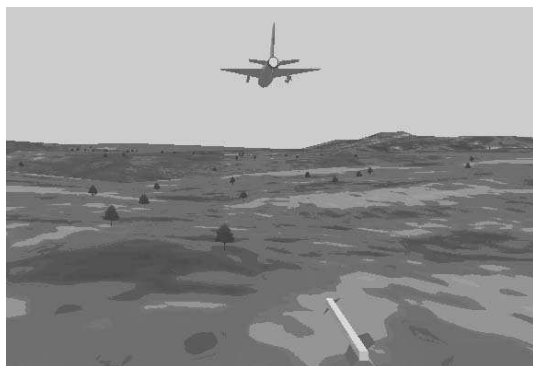


图 4 场景的效果图 2

3.3 模型的调用

OpenGVS 支持 Terrex TerraPage、Multigen OpenFlight、Wavefront obj 和 3D Studio(3DS) 等模型数据格式。以轰炸机的调用为例,首先使

用写字板编辑一个名为 gvsinit.gvc 的文本文件,在其中加入语句: Import file=bomber.ft name=BOMBER。在 OpenGVS 显示的语句为:

```
Static GV_Obi bomber;
GV_obi_instance_by_name("BOMBER",&bomber);
GV_scn_add_object(scene,bomber);
```

导弹和地形在视景中的显示方法同上,不同的是要设置各自的属性,包括位置和姿态等。

3.4 碰撞检测

碰撞检测是计算机仿真中的一个重要问题。导弹在飞行过程中,对每一帧动画都要进行与视景对象碰撞的检测,以判断导弹是否击中目标,从而看出飞机对导弹干扰的效果^[5]。

碰撞检测时需要调用函数 `GV_geo_inq_intersection()` 获取导弹前一帧和当前帧的位置,用来检测视场中的对象实例和用户指定的线段是否发生相交,检测导弹是否打中飞机,即与飞机发生碰撞;如果发生碰撞,须确定碰撞点在大地中的位置。通常我们用结构 `GV_Geo_isc_data` 中的成员 `isc_result` 来确定碰撞的发生。

3.5 爆炸效果的生成

在仿真软件的演示过程中,为了更加真实地反映光电干扰的效果,并在视觉上达到更强的真实感,我们加入了飞机在光电干扰过程中投出的干扰弹的爆炸效果。在 OpenGVS 中,这些特殊效果可由纹理映射、纹理序列动画等方法生成。

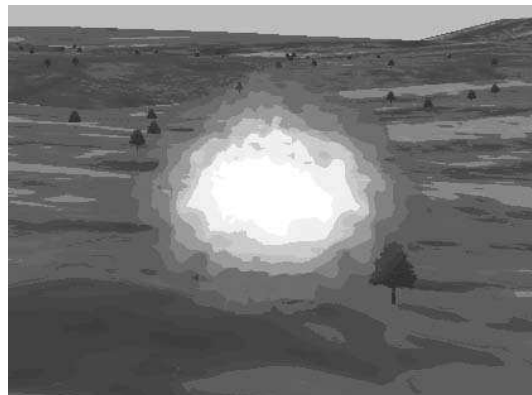


图 5 爆炸的效果图

OpenGVS 的纹理映射方法与 OpenGL 中采用的方法基本相同。导弹和干扰弹的爆炸就是

通过改变纹理的透明度来实现爆炸时的火焰和烟的透明度由浓到淡直至消失的过程。

动画序列创建完之后就可以在需要时加入到视景中,并在视景中设置纹理的透明度,使透明度由浓到淡,以显示爆炸时火光和烟慢慢消失的效果。另外还可以设置显示的爆炸范围,图 5 所示为爆炸的效果。

4 红外诱饵弹干扰策略研究

红外诱饵弹的干扰原理是,当红外干扰弹点燃之后,产生一个与目标红外辐射特性类似,但能量比目标红外辐射大 2~3 倍的热源,从而欺骗导弹的红外探测系统^[6,7]。当载机受到红外制导导弹的攻击时,投放红外诱饵弹,可使红外诱饵弹和目标(载机)同时出现在红外导引头视场内(见图 6)。根据质心干扰原理,红外导弹跟踪的是两者的等效辐射能量中心,然而红外诱饵弹和目标在空间上是逐渐分离的,而且红外干扰弹的红外辐射强度大于目标的红外辐射强度,所以等效辐射能量中心偏于红外诱饵弹。随着红外诱饵弹与目标的距离越来越远,红外导引头会逐渐偏向红外诱饵弹的一边,等到目标摆脱并离开红外导引头的视场后,红外导弹就只跟踪红外诱饵弹了。

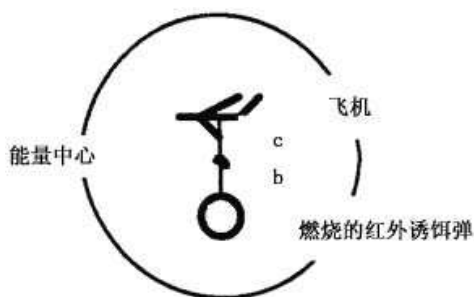


图 6 红外诱饵弹的干扰原理

对于载机来说,要想使红外诱饵弹能有效地诱骗导弹射偏,把握好诱饵弹的投放时机是很重要的。如果投射的时机早了,导弹开始会受到一定的干扰,但是在诱饵弹辐射的干扰能量消失以后,导弹还会有时间重新锁定目标进行攻击;如果投射的时机晚了,导弹距离目标足够近,那么红外干扰弹就会很快飞出导弹的视场范

围,起不到任何干扰作用。要保证诱饵弹辐射能量消失以后,目标已经飞出导弹的视场范围,即使导弹的导引头经过搜寻以后还能够发现目标,但是导弹的过载也没有能力允许导弹再飞到靶平面的时候,使两者的距离在导弹的杀伤半径之外^[7]。

红外诱饵弹投射的方向以及投射后载机的机动方向也很重要。一般载机应在垂直于载机与导弹的连线上,并且与红外诱饵弹投放方向相反的方向上作机动,这样才能有助于载机的逃逸。

并不是诱饵弹投得越多干扰效果越好,这里有一个弹间隔的问题,即投射两个红外诱饵弹之间的时间间隔。如果弹间隔越长,在每次投射诱饵弹的时候,实际导弹所跟踪的能量中心就会向飞机靠近,反而达不到很好的干扰效果。另外,在选择投射多发红外诱饵弹的时候,要注意方向的选取,不能向任意方向都进行投射,那样的话,加权计算出来的能量中心,即导弹的实际跟踪点,就会靠近飞机,这样就失去了干扰作用。

下面是在一定的仿真条件下,导弹在同一高度不同方位角(导弹与飞机的连线与飞机机头之间的夹角)攻击时的仿真结果。

表 1 导弹距离飞机五千米的地方发射

序号	方位角	交会时间	计算结果	成功率 (%)
1	0.0	6.64	成功	100
2	72.0	7.02	失败	50
3	144.0	10.23	失败	33
4	216.0	10.23	失败	25
5	288.0	7.01	失败	20

表 2 导弹距离飞机两千米的地方发射

序号	方位角	交会时间	计算结果	成功率 (%)
1	0.0	2.42	成功	100
2	72.0	2.89	成功	100
3	144.0	4.08	失败	66
4	216.0	4.08	失败	50
5	288.0	2.80	失败	40

仿真条件如下:

1. 导弹: 速度为 680m/s, 过载为 60g, 起爆

距离为 10m；

2. 飞机：速度为 220m/s；

(1) 红外诱饵弹：阻尼系数为 0.02，红外弹的质量为 0.2kg，燃烧时间为 5s，红外弹的初速度为 30m/s；

(2) 诱饵弹发射器：系统的反应时间为 1.5s，水平角为 180°，俯仰角为 -90°，一次发射 3 发，弹间隔为 0.5s，投弹距离（投射诱饵弹时飞机与导弹之间的距离）为 800m。

表 1 和表 2 所列为仿真结果。

5 结束语

本文提供了一种基于 PC 机平台,使用 Multigen Creator 和 OpenGVS 进行光电对抗仿真系统开发的方案,对系统开发中所用到的关键技术进行了分析。在解决了一些关键问题之后,该系统的动画效果变得更加逼真了,使人们的视觉感受更接近于战场上的实际感受。最后根据此仿真软件平台,对红外诱饵弹的干扰策略进行

了初步研究。该系统结构具有较好的通用性,对开发类似系统具有一定的借鉴作用。

参考文献

- [1] Multigen-Paradigm Inc. Multigen Creator User's Guide version 2.6 [Z]. USA, 2003.
- [2] Quantum 3D Inc. OpenGVS Programming Guide Version 4.4 [Z]. USA, 2001.
- [3] 吴家铸,等. 视景仿真技术及应用 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001.
- [4] 谢薇, 郭齐胜, 郑长伟, 等. 基于 OpenGVS 的视景仿真的关键技术研究 [J]. 计算机仿真, 2001, 18(6): 26-28.
- [5] 吴春波, 张靖. 导弹模拟训练器动画的 OpenGVS 实现 [J]. 弹箭与制导学报, 2002, 23(1): 13-16.
- [6] 付伟. 红外干扰弹的工作原理 [J]. 电光与控制, 2001, (1): 36-42.
- [7] 张洪斌, 苏五星, 张祥军, 等. 激光无源干扰技术及其研究 [J]. 红外, 2005, (7): 13-17.
- [8] 薛建国, 雷刚. 红外诱饵弹干扰效果评估方法初探 [J]. 光电对抗与无源干扰, 1998, (3): 7-13.



国外专利介绍

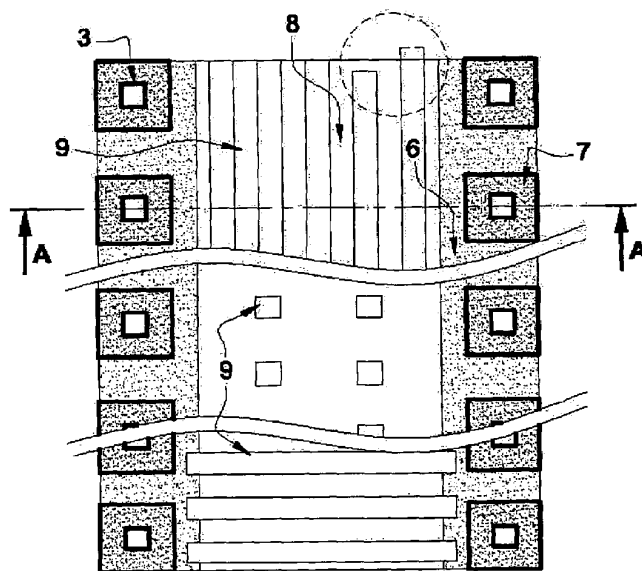
用测辐射热探测器探测 红外辐射的器件

美国专利 US7288765
(2007 年 10 月 30 日授权)

本发明提供一种用于探测红外辐射的器件, 它包括

一个一维或二维的测辐射热探测器列阵、一个读出电路和一个补偿结构。其中的补偿结构是用来转移从每个测辐射热探测器中流过的大部分背景或者共模电流的。该补偿结构为一层至少包含一种测辐射热材料的膜层, 它分布在与读出电路相连的两个电连接区之间。

这种红外探测器件可以用于红外成像领域。
本专利说明书共 13 页, 其中有 4 张插图。



高 编 译