

基于 Vega 光电对抗视景仿真的研究与实现

Research and Implementation on Visual Simulation of Reelectro-optical countermeasure Based on Vega

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 2.中国科学院研究生院) 徐理德^{1,2} 孙文涛¹

XU Li-de SUN Wen-tao

摘要: 为了评价激光对半主动激光制导导弹的干扰效果,介绍了一种基于 Visual C++ 和 MultiGen Vega 环境开发虚拟现实仿真系统的方法。利用 MultiGen Creator 建立导弹、攻击目标、地形的仿真模型,以半主动激光制导导弹对目标的攻击,以及激光对导弹导引头的干扰的数学模型为基础,用 MultiGen Vega 来驱动视景仿真模型。并在仿真中添加了特殊效果,利用 OpenGL 实时显示仿真过程目标在导弹导引头上成像情况。该仿真系统能够方便地对参数进行修改,直观的显示仿真结果,方便地对武器效能进行评价。

关键词: 虚拟现实; 导弹; Vega; OpenGL

中图分类号: TP391.9 **文献标识码:** A

Abstract: To evaluate the jamming effect of semi-active laser-guided missile induced by laser, this paper introduces a method, which is based on Visual C++ and MultiGen Vega environment to develop a virtual reality simulation system. The simulation models of the missile, the target attacked and the terrain are established with MultiGen Creator. Simulation models are driven by MultiGen Vega on the basis of mathematical models, models describe the processes of the semi-active laser-guided missile attacking the target and the laser jamming the missile seeker. Special effects are added to simulation, and the image of the target in the missile seeker is displayed timely during simulation with OpenGL. The parameters of simulation system can be easily modified, and the simulation results are shown directly, these make the effects evaluation of weapons easily.

Key words: Virtual Reality; Missile; Vega; OpenGL

1 引言

视景仿真技术汇聚了计算机图形学、多媒体技术、人工智能、数据库等多项关键技术。它充分利用人的视觉特性,通过图形和动画来表达各种信息。特别是基于三维模型真实感的实时动态显示技术。MultiGen Vega 是用于虚拟现实、实时视景仿真、声音仿真以及其它可视化领域的应用软件工具。它以 C 语言的 API 形式出现,包括良好的图形环境 Lynx 界面、丰富的相关实用的库函数和一批可选的功能模块等。对机载半主动激光制导导弹在激光干扰下对目标攻击的仿真,能对武器效能很好的评估,优化设计参数,具有很好现实意义。

2 数学模型的建立

2.1 背景介绍

机载激光指示器照射目标,半主动激光制导导弹接收到漫反射的光线,当接收到的激光能量超过导引头探测器灵敏度值,并且目标在导弹视场内,采用追踪法攻击目标。建立某型机载半主动激光制导导弹在激光干扰下,攻击目标的数学模型,利用其计算结果驱动仿真模型。

2.2 1.06μm 激光大气传输模型及目标反射模型的建立

1.06μm 激光在半主动激光制导中应用广泛,1.06μm 激光在大气中传输时,其衰减的主要因素是气溶胶,其中气溶胶散射引起的衰减又比吸收大得多,纯净大气中气体分子的吸收和散

射导致的衰减与之相比,可以忽略不计。对于晴朗或含霾等地面能见度相对好一点的天气,大气气溶胶含量和粒子半径分布与能见度相关度很高。因此,1.06μm 激光在大气中传输的衰减系数,随能见度变化最大,而受温度、气压等气象参数影响较小。

1.06μm 激光斜程传输时,其大气透射率为:

$$T_a = \exp\left\{-\frac{k}{Rv \sin \alpha} (1 - e^{-0.835H})\right\} \quad (1)$$

Rv 为能见距离,即大气能见度, (km); L 是激光的辐射距离, (km); H 为激光传输的垂直高度, $H=L \sin \alpha$; α 为激光斜程传输时与水平面的夹角。

表 1 不同地区的 k 值

地区	农村	城市	海洋	沙漠
k	2.828	3.132	4.543	2.496

目标对激光反射的模型有多种形式,但这些模型一般都复杂且难以在计算机上实现,这里给出一种相对简单实用的目标反射模型。假定目标为一漫反射球体,类似于坦克的炮塔。漫反射规律遵循 Lamber 余弦反射定律,即激光反射的强度正比于目视线与目标法线之间夹角 θ_L 的余弦值。考虑大气、导引头光学系统、指示器光学系统对激光的衰减,得到公式:

$$\frac{R^2}{\tau_s} = \tau_i \times \frac{\rho_i \sigma_i \sigma_s I_i}{\pi T} \cos \theta_L \quad (2)$$

R 为导引头到目标的距离, τ_s 为激光在目标与导引头之间距离为 R 时的透射率, τ_i 为目标到指示器距离之间激光透射率, ρ_i 为目标反射系数, σ_i 为激光指示器光学系统衰减系数, σ_s 为导引头光学系统衰减系数, I_i 为激光指示器能量密

徐理德: 硕士研究生

度, T 为导引头探测器灵敏度值。由此公式可求得目标到导引头的探测距离 R 。

导弹导引头光电传感器接收到能量密度, 由以下公式计算:

$$E_r = \frac{4E_s \tau_r \tau_t}{\pi R_i^2 \theta_i^2} T \quad (3)$$

E_r 为干扰激光的能量密度, τ_r 为干扰激光光学系统透过率, τ_t 为导弹导引头光学系统透过率, R_i 为干扰激光到导弹导引头之间的距离, θ_i 为干扰激光发散角, T 为干扰激光的大气透过率, E_s 为导弹导引头光电传感器接收到的激光能量密度。利用上面公式可以知道, 导弹导引头光电传感器接收到的激光能量密度, 再与导引头探测器本身的饱和阈值比较即可得到激光能否对导弹导引头实现有效干扰。

2.3 导弹以及目标数学模型的建立

用四阶龙格-库塔方法解算导弹弹道时, 因为无法获得导弹的气动系数, 只考虑导弹的运动学方程, 忽略导弹绕质心转动的运动学方程, 导弹在没有发现目标时按照预先设定速度与加速度, 弹道倾角与弹道偏角运动。导弹发现目标的条件: 指示激光经目标反射到导弹导引头的能量大于或等于导弹导引头探测器的灵敏度阈值且目标在导弹的视野内。

导弹质心运动运动学方程:

$$\frac{dV}{dt} = a \quad (4) \quad \frac{dx}{dt} = V \cos \theta \cos \psi_v \quad (5)$$

$$\frac{dy}{dt} = V \sin \theta \quad (6) \quad \frac{dz}{dt} = -V \cos \theta \sin \psi_v \quad (7)$$

a 是导弹的加速度, V 为导弹的速度, x, y, z 为导弹坐标分量, θ, ψ_v 分别为导弹弹道倾角和弹道偏角, 在仿真初始的时候通过应用程序的交互界面赋予初值, 上面的各个分量是在地面坐标系上, 在视景仿真中必须转换坐标系, 保持与 Vega 中的坐标系一致。导弹在仿真初始阶段处于目标搜索状态, 用上述方程即可解算导弹弹道, 当导弹发现目标时, 采用速度追踪法攻击目标时, 导弹的速度矢量始终指向目标, 必须把导弹与目标相对运动方程加入到上面的方程中, 来解算导弹弹道。在仿真场景显示时, 要显示导弹的姿态角, 可以利用一种近似处理, 把导弹的弹道倾角, 偏角分别近似为导弹俯仰, 偏航角, 而导弹滚动角始终为零。

导弹目标相对运动方程:

$$\frac{dV_r}{dt} = \beta \quad (8) \quad \frac{dr}{dt} = V_r \cos q - V \quad (9) \quad r \frac{dq}{dt} = -V_r \sin q \quad (10)$$

β 是目标的加速度, V_r 是目标的速度, r 是目标与导弹之间的距离, 当 r 小于一个预先给定的值时, 导弹就击中目标, q 是目标线与基准线之间的夹角, 在某一时刻, 目标位于 T 点, 导弹位于 M 点, 连线 \overline{MT} 称为目标瞄准线(简称目标线), 假设目标坦克在水平地面上运动, 基准线 \overline{Ax} 平行于目标的运动轨迹, 若从基准线逆时针转到目标线上时, q 为正。用四阶龙格-库塔方法解算导弹弹道时, 步长取为 Vega 刷新一帧所有的时间, 这样就保证每一帧所对应的导弹弹道信息都是经过重新解算的。

3 视景仿真模型的建立

Multigen Creator 软件是专业虚拟现实建模软件核心产品, 是一个功能强大, 交互式的三维建模软件, 可以建立高度优化的三维模型, 是所有三维建模软件中的佼佼者。其生成的开放式 OpenFlight 格式的模型文件, 以其独特的树型结构定义, 已成为

虚拟现实应用领域的标准。利用 Multigen Creator 建立坦克与导弹仿真模型。

4 基于 MFC 仿真应用程序的开发

4.1 仿真应用程序流程图

仿真应用程序的流程图如图 1 所示:

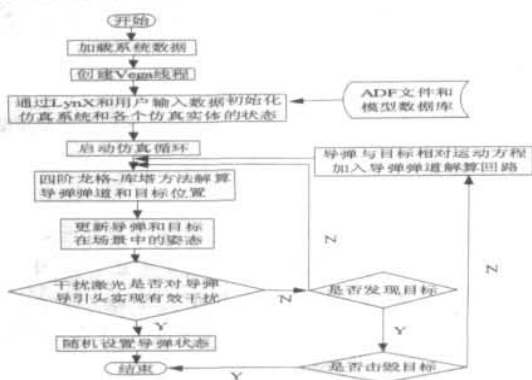


图1 仿真应用程序的流程图

4.2 MFC 环境下的 Vega 应用程序框架

模型驱动软件 Multigen Vega 中的函数是用 C++ 所写, 在 MFC 环境下开发非常合适, 采用单文档多视图的结构, 视图类 CSimulationView 用来显示视景仿真场景, 继承于 CFormView 的视图类 CParameterView 用来进行实时交互参数的设置与显示。

创建一个线程用来作为 Vega 仿真模型的驱动:

UINT runVegaApp(LPVOID pParam)

```

{
    vgInitWinSys ( AfxGetInstanceHandle (), pOwn->GetSafeHwnd() ); //系统进行初始化,初始化图形状态,创建共享内存区等;把 Vega 的场景显示附着到 CSimulationView 视图类。

```

```

    vgDefineSys ( "town.adf" ); //创建仿真所需各种实例, ADF 文件是通过 Vega 的 LynX 建立。

```

```

    vgConfigSys(); //完成系统配置。

```

```

    while (pOwn->GetContinueRunning()) //如果不结束仿真,则循环一直进行下去。

```

```

    {
        vgSyncFrame (); //当前帧的应用进程同步处理,即保证应用进程与给定的帧频率同步。

```

```

        pOwn->postSync(); //数值解算,包括导弹与目标的运动轨迹,激光能量的计算。

```

```

        vgFrame (); //完成当前帧的剔除和绘制进程及其相关处理。

```

```

    } // while (pOwn->GetContinueRunning())

```

```

    } // UINT runVegaApp(LPVOID pParam)

```

4.3 采用自定义运动模型和回调 OpenGL 来更新仿真实体

在仿真场景中可以用 $vgPosVec()$ 函数定位仿真实体的位置, 在这种情况下, 若相邻的两次位姿计算结果有较大差异的话, 就会出现诸如视线方向突变等严重影响视觉效果的现象, 实际画面看起来就像从一个位置跳到了另一个位置上, 使用用户自定义模型时, 系统就可以采用插值的技术, 避免画面跳跃, Vega 提供的运动模型和用户定义的运动模型都是使用 CALLBACK 回调函数实现的, 可以使用面向对象的方法, 把用户自定义运动模型进行封装。

class CMotionModel //封装了用户自定义运动模型的类

```

{
    void Init_motion (CString motion_name, vgPlayer* plyr, vgIsector* isector=NULL);

```



```
static int my_motion_model(vgMotionCallbackStruct *mot_cb);
// CALLBACK 回调函数.
};
void CMotionModel::Init_motion(CString motion_name,vgPlayer*
plyr ,vgIssector* isector)
{ mot=vgNewMot();//创建运动模型实例
vgPlyrMot(plyr,mot);//把运动模型与角色对象绑定
my_data =(motion_model_data*)vgCalloc (sizeof(motion_model_data),vgGetSharedArena());
vgUserData(mot,my_data);//为运动模型绑定数据,并在系统调用回调函数,传给回调函数;
vgProp (mot,VGMOT_MODEL,VGMOT_USER1); //把该运动模型设定为自定义的形式
vgMotRegister(VGMOT_USER1,my_motion_model);与回调函数 my_motion_model 绑定.
}
```

在 Vega 中以添加回调函数形式,调用 OpenGL 实时显示仿真实体信息以及目标在导引头上成像信息.vgAddFunc(guide_chan, VGCHAN_POSTDRAW, draw_guide,this);在名为 guide_chan 通道上安装 draw_guide 回调函数;VGCHAN_POSTDRAW 表示系统调用回调函数的条件是绘制遍历开始之后,绘制进程完成之前;this 为传给回调函数 draw_guide 的参数。

5 仿真场景的显示

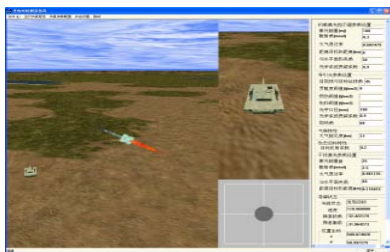


图2 光电对抗仿真主界面



图3 导弹击中目标的场景图

在光电对抗仿真主界面中,左边的仿真场景的显示包括三个通道,最左边的是以导弹为中心,观察整个仿真场景,右上角的通道是观察目标坦克的运动,右下面的是用 OpenGL 回调形式显示目标在导弹导引头上的成像信息。右边的参数设置模块包含机载激光指示器参数设置,导弹导引头参数设置,干扰激光参数设置,以及目标和大气能见度特性的设置。

6 结论

实验表明,基于 MFC 和 MultiGen Vega 虚拟现实仿真技术开发的光电对抗仿真系统,克服了传统方法的缺点,易操作性好,实用性强,可以直观的进行参数设置,能够方便的对武器效能进行评估,让武器研发人员方便的修正设计参数,为武器的研发提

供可靠的参数,使武器性能达到最优化.通过仿真系统,武器先试后买成为可能。

本文作者创新点:改变传统对武器性能的评价方法,利用视景仿真的方式,方便地修改武器性能参数,从而直观的对武器性能进行评价,取得非常理想的效果,使武器先试后买成为可能。

参考文献

- [1]高智杰,张安,史国华.风标式激光导引头光电建模与仿真[J].光电工程,2007,34(1):4-8.
- [2]周建民.激光对光电制导武器跟踪系统的干扰技术研究[D].长春:长春光学精密机械与物理研究所博士学位论文,2005.
- [3]肖琼,余庄.基于 Vega 的消防报警控制系统的仿真[J].微计算机信息,2007,12-1:192-194.
- [4]王乘,李利军等. Vega 实时三维视景仿真技术[M]. 华中科技大学出版社,2005-12.

作者简介:徐理德(1983-),男,硕士研究生,研究方向:计算机仿真与虚拟现实;孙文涛(1967-),男,副研究员,硕士生导师,研究方向:军用软件研制,计算机仿真与虚拟现实。

Biography: XU Li-de (1983.11 -), Male, Born in Hubei Huanggang, Postgraduate in Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Main Research Fields: Computer Simulation.

(130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 徐理德 孙文涛

(100039 北京 中国科学院研究生院)徐理德

(1.Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

XU Li-de SUN Wen-tao

(Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039, China) XU Li-de

通讯地址:(130033 长春市经济技术开发区营口路 20 号 D 座) 徐理德

(收稿日期:2009.01.23)(修稿日期:2009.02.25)

(上接第 164 页)

[5]Lee H K, Wang J, Rizos C. Analysis of pseudolite augmentation for GPS airborne applications [A]. In: Proceedings of ION GPS [C]. Portland, 2002. 26102618.

[6]刘敬峰.区域卫星导航星座的研究及伪卫星的应用[D].南京:南京航空航天大学,2003.23-24.

作者简介:张雷(1978 年 12 月),男,博士,江苏海门人,主要从事定位工程与空间信息研究技术。

(200083 上海 中国科学院上海技术物理研究所) 张雷 王建宇 舒嵘 戴宁

(Chinese Academy of Sciences, Shanghai Institute of Technical Physics, Shanghai 200083, China) ZHANG Lei

WANG Jian-yu SHU Rong DAI Ning

通讯地址:(200083 上海 中国科学院上海技术物理研究所) 张雷

(收稿日期:2009.01.23)(修稿日期:2009.02.25)

《现场总线技术应用 200 例》已出版,
每册定价 55 元(含邮资),汇至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室
微计算机信息 邮编:100081
电话:010-62132436 010-62192616(T/F)