

空战实时仿真系统研究

李彦, 陈磊, 姬正洲, 郑洪涛, 杨晓阔
(空军工程大学 理学院, 陕西 西安 710051)

摘要:为了评估空中作战对抗效能,建立了虚拟空战实时对抗网络仿真系统,给出了系统设计的思路、框架和功能,详细介绍了视景仿真系统的实现方法和关键技术,采用最小二乘拟合算法解决了仿真实体的轨迹不连贯,画面有抖动等现象;基于 Vega 仿真软件环境开发了战场中的各种复杂场景特效,解决了非视觉物理量的可视化问题,可在不同的场景环境下,动态演示导弹对相应目标的打击过程,包含特效、声音等各类仿真信息,画面流畅、系统稳定,具有良好的交互能力;利用 Visual C++ 开发了视景仿真程序,解决了视景驱动和自动视点切换等具体问题。仿真结果表明视景系统可以实时逼真地演示虚拟空战作战过程,并给出了作战效能的直观评估。

关键词: Vega; 虚拟空战; 视景仿真

中图分类号: TP391.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2008)05-0011-04

虚拟战场仿真技术作为未来信息化战争研究的热点内容之一已备受重视。虚拟战场仿真主要运用虚拟现实技术(Virtual Reality)、计算机仿真(Compute Simulation)技术,在各种战场信息的基础上,通过计算机进行信息处理后,实现战场环境的逼真呈现。本文基于以上理论基础,对导弹打击目标的空战环境仿真所涉及的各种关键技术做了较为深刻地研究,并建立了相关仿真系统。

1 系统结构

一般来说,虚拟空战仿真系统主要包括我方的地面指挥控制平台、地面组网雷达、预警机、战斗机、无人机和导弹及敌方战斗机等各种空战单元。按照系统仿真实理论的思想,对系统作一定的抽象与简化,从战术协同攻击角度出发,以光纤局域网代替通信信道,设计了虚拟空战仿真系统,包括剧情、地面指挥控制平台、通信信道模拟器、信息分发系统、预警机、载机平台、导弹平台和视景平台 8 个部分,其中视景平台作为系统的重要部分,它的功能主要完成从其它节点获得目标、导弹和载机的信息,建立数据库如消息类型标示号, ID 号, 经度、纬度、海拔高度、水平速度、航向角、俯仰角、偏转角、产生数据的系统时间,还有特殊事件如发射导弹,是否击中目标等,再根据视景显示的要求,进行坐标转换和数据预测,最终生成逼真的战场情况。

2 虚拟空战视景仿真系统实现

对于虚拟空战视景仿真系统开发而言,需要解决的关键技术主要有 2 大类:①数据处理,包括坐标转换和数据预测;②基于 Vega 的视景显示实现,包括仿真驱动、自由视点变换和战场特效实现等^[1-2]。

2.1 数据处理

在设计整个系统时,由于各仿真节点对于仿真实体的描述方式不同,所以规定网络传输数据统一采用大地坐标系标准。但各仿真节点的实际情况略有不同,仿真数据发送周期往往大于视景实时动画所要求的 40

收稿日期:2008-01-10

基金项目:陕西省自然科学基金基础研究计划资助项目(SJ08F12)

作者简介:李彦(1963-),男,北京人,教授,主要从事系统建模与仿真、DSP 应用与技术。

E-mail: Cheng-3lei@yeah.net.cn

ms 数据间隔,而且若前后两帧数据变化较大,就会严重降低动画质量(产生帧跳变现象)。因此就需要把仿真实体变换到自身坐标系中,并根据接收的数据进行预测,然后再进行变换得到大地坐标,最终将数据发送到视景进行显示。

2.1.1 坐标转换

本系统用到了3种坐标系。一是大地坐标系,可直接在视景中显示;二是惯性坐标系,用来仿真导弹模型;三是空间大地直角坐标系,用来仿真飞机仿真模型^[3]。具体的转换公式如下:

1) 从大地坐标 (L, B, H) 转换成空间大地直角坐标 (X, Y, Z)

$$\begin{cases} X = (N + H) \cos B \cos L \\ Y = (N + H) \cos B \sin L \\ Z = [N(1 - e^2) + H] \sin B \end{cases} \quad (1)$$

式中: $N = a / \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}$; $e^2 = 2f - f^2$; $f = (a - b) / a$; $a = 6\,378\,137 \text{ m}$; $b = a(1 - f) \text{ m}$

2) 从空间大地直角坐标 (X, Y, Z) 转换成大地坐标 (L, B, H)

$$\begin{cases} L = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right) \\ B = \arctan\left[\frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \left(1 - \frac{e^2 N}{N + H}\right)^{-1}\right] \\ H = \sqrt{\frac{X^2 + Y^2}{\cos^2 B}} - N \end{cases} \quad (2)$$

为了保证精度迭代4次求 B, H 。

3) 从惯性坐标 $(X, Y, Z)_i$ 转换成空间大地直角坐标 $(X, Y, Z)_e$

$$\begin{cases} X_e = X_i \sin \alpha + Y_i \cos \alpha \\ Y_e = Y_i \cos \alpha + X_i \sin \alpha \\ Z_e = Z_i \end{cases} \quad (3)$$

α 参数由导弹节点得到。

2.1.2 数据预测

在不影响仿真精度的情况下,把三维实体运动分解为水平方向和垂直方向,水平方向运动假定为匀加速或匀减速运动,垂直方向运动假定为匀速直线运动。

在水平方向仿真建模时,采用最小二乘拟合算法^[5],应用二次式 $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$ 来建立运动方程。在实际工程实践中,首先应用约当消去算法求解方程参数,确定水平方向运动方程。其次根据方程特点选用辛普森(Simpson)或抛物线求积公式:

$$I[f] \approx \frac{h}{3} [f(x_0) + 4f(x_1) + f(x_2)] \quad (4)$$

式中: $n = 2$; $h = (b - a) / 2$ 。

进而求出两个相邻点曲线的长度 S ,再通过物理运动公式求出加速度,最后根据间隔时间、速度和加速度就可求出当前仿真时间点的 (X, Y) 值。

在垂直方向仿真建模时,可通过 $H - Vt$ 建立运动模型,根据间隔时间和速度得到垂直方向的 Z 。最后根据坐标转换求出大地坐标 (L, B, H) 发送给视景显示。

2.2 基于 Vega 的视景显示实现

视景显示选用 VC++ 集成环境作为开发平台,充分利用 Vega 的嵌入式视景仿真功能在 VC++ 中调用 Vega 的 API 函数库实现视景仿真控制^[6-8],采用 UDP 网络协议实时接收外部节点数据和触发事件,完成战场视景仿真。视景显示关键技术主要有自由视点变换,战场特效实现,仿真实体动态添加和仿真录制回放。下面分别进行论述。

2.2.1 自由视点变换设计

对于虚拟空战仿真系统来说,需要开发一种快速、简单和灵活的视点控制技术来观察整个战斗过程。以往控制自由视点方式是以回调函数的方式实现用户定制运动模式。本文则抓住战场观察的仿真要点,如发射导弹载机、攻击导弹和锁定目标等,利用键盘外设控制快速切换视点以及灵活调整角度和距离来观察仿真

过程^[8]。具体实现步骤如下:

第1步 在 Vega 主循环里设置3种视点情况,即发射导弹载机视点、攻击导弹视点和锁定目标视点,每种视点都采用固定束缚在观察物体上,通过载机平台所发送的消息来具体确定物体。相关代码如下:

```
if( view_plane[ i ] ) //发射导弹载机视角
{
    vgProp( obs, VGOBS_LOOKAT_TARGET, VGOBS_L_NONE ); //把观察者绑定在物体上
    vgProp( obs, VGOBS_TETHERSTATE, VGOBS_FIXED ); //固定观察者
    pos = vgNewPos( );
    vgPosVec( pos, obs_x, obs_y, obs_z, obs_h, obs_p, obs_r );
    vgObservTetherPos( obs, pos ); //把相对参考角色的位姿赋给观察者
    vgObservPlyr( obs, plane[ i ] ); //把观察者绑定在发射导弹载机上
    vgDelPos( pos ); }

```

第2步 利用 switch(vgGetWinKey(vgGet Win(0))) 语句,通过键盘操作切换视点以观察仿真效果。

如图1所示,越肩发射攻击效果图就是利用视角切换(由载机转换到导弹),从而清晰地观察到了导弹的转弯过程,可直观评估导弹的制导算法。

2.2.2 战场特效实现

对于虚拟空战仿真系统,在设计战场特效时,要体现出载机之间的协同作战,这样才能对指挥员的分析和决策提供现实意义。由于这些物理量大多为不可见的,所以要形象直观地对其建模和造型相对比较困难。本文采用对非视觉物理量的可视化处理。

传统方法采用动态循环纹理映射实现,其方法是制作一组模拟电磁波的循环纹理,通过改变纹理替换时间来改变电磁波的传播速度。使用该方法的缺陷在于模型和纹理参数都是预先设定,仿真过程中不能根据环境动态进行调整。

在实际工程中,选用基于粒子系统,利用 OpenGL 的绘线函数绘制出若干条点划线,形成一个圆锥来模拟1条电磁波线^[9-10],利用回调函数嵌入 Vega 中实现的方法,通过设置颜色表现切换制导过程。

另外,为了增强战场仿真的逼真性,视景显示还需要丰富的特效,如爆炸、烟雾、尾迹,声音等,可由 Vega 的 Special Effects 模块和 AudioWorks 模块得到,在战场中通过特殊事件触发,利用 Vega 的函数库渲染特效,在此不一一列举。

2.2.3 仿真实体动态添加

本系统仿真的实体主要包括战斗机编队和各種导弹,在作战的过程中,不仅要仿真大量的实体,而且这些实体要能够进行随意组合。传统的解决方案是定义多个视景子系统或用同一个程序调用多个 adf 文件来实现,这些方法容易实现,但缺点是重复开发太多,工作量巨大。因此,本文采用动态实体列表的方法实现场景中武器实体的动态添加来解决上述问题。动态实体列表中包含的信息有模型的消息类型标示号、ID号、敌我标识,实体的三维空间位置和实体当前状态等。系统接收数据包后,不断刷新实体列表中的各项信息,同时视景节点定时读取实体列表,将获得的各项信息存入数据缓冲区,驱动视景画面显示,这样大大提高了系统的适应性和灵活性。

3 仿真结果

通过虚拟空战仿真系统的设计,实现了越肩发射,制导切换等战术的直观显示。图1演示了导弹越肩发射的战术过程,同时对导弹制导算法提供了直观的验证战术过程。

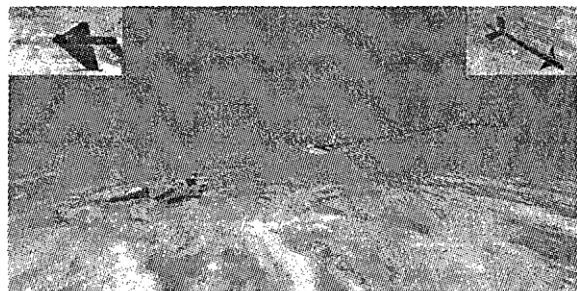


图1 越肩发射

Fig.1 Over the shoulder

4 结束语

该仿真为虚拟空战仿真系统建立了初步对抗视景环境,生成了近似实战的虚拟战场。达到了战场视景仿真的实时性要求,本系统中建立了完善的实体模型库,可方便地对各武器,基于各种作战条件进行作战视

景仿真,对战术灵活运用和作战效能评估有着重要的意义。但是由于系统尚属初探性研究,众多武器装备都未能实现其战技要求,所以系统还有待于进一步完善与改进。

参考文献:

- [1] 宋志明. 水下航行器视景仿真系统的研究[J]. 系统仿真学报,2002,14(6):761-764.
SONG Zhiming, Research on Visual Simulation System of Autonomous Underwater Vehicle[J]. Journal of System Simulation, 2002,14(6):761-764. (in Chinese)
- [2] 褚彦军. 分布交互环境下的视景系统研究与开发[J]. 计算机仿真,2004,21(1):32-34.
CHU Yanjun, Research and Development of Visual Simulation System in DIS Environment[J]. Computer Simulation, 2004,21(1):32-34. (in Chinese)
- [3] 李亚臣. 基于 Vega Prime 的航天器视景仿真中的多坐标系问题[J]. 系统仿真学报,2007,19(3):575-578.
LI Yachen. Research on Various Coordinate Systems in Spacecraft Visual Simulation Based on Vega Prime[J]. Journal of System Simulation, 2007,19(3):575-578. (in Chinese)
- [4] 邓建中. 计算方法[M]. 西安:西安交通大学出版社,2001.
DENG Jianzhong. Account Method[M]. Xi'an:Xi'an Jiaotong University Press,2001. (in Chinese)
- [6] 龚卓蓉. Vega 程序设计[M]. 北京:国防工业出版社,2002.
GONG Zhuorong. Application of Vega[M]. Beijing:National Defence Industry Press,2002. (in Chinese)
- [7] 侯俊杰. 深入浅出 MFC[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2001.
HOU Junjie. Dissecting MFC [M]. Wuhan:Huazhong University of Science & Technology Press,2001. (in Chinese)
- [8] 李 瑞. Vega 程序设计在 MFC 中的应用[J]. 计算机工程与设计,2002,23(8):55-57.
LI Rui. Application of Vega Software Design in MFC[J]. Computer Engineering and Design,2002,23(8):55-57. (in Chinese)
- [9] 宋志明. Vega 环境中一种自由视点方式的开发[J]. 计算机仿真,2004,21(2):109-111.
SONG Zhiming. Study on the User Defined Observer Vega[J]. Computer Simulation,2004,21(2):109-111. (in Chinese)
- [10] 戴 竞. 虚拟海战场中场景生成与实时显示技术研究[J]. 计算机仿真,2006,23(12):4-8.
DAI Jing. Research and Realization of Visual System in Virtual Ocean Battlefield[J]. Computer Simulation,2006,23(12):4-8. (in Chinese)
- [11] 吴 斌,毕丽蕴. OpenGL 编程实例与技巧[M]. 北京:人民邮电出版社,1999.
WU Bin, BI Liyun. Programme Example and Technique on OpenGL[M]. Beijing:Posts & Telecom Press,1999. (in Chinese)

(编辑:徐楠楠)

Research on Real-time Simulation System of Air Combat

LI Yan, CHEN Lei, JI Zheng-zhou, ZHENG Hong-tao, YANG Xiao-kuo
(Science Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China)

Abstract: The thesis establishes a network simulation system for real-time confrontation of simulated air combat in order to evaluate the confrontation effectiveness and capability of air combat, introduces the design approach, framework and function of the system and applies the least square fitting arithmetic in resolving the problems like the non-continuous track of simulated entity and the shaking of picture. Based on the Vega simulation software, it creates complex special effects of various kinds on battlefield and figures out the visualization of non-visual physical quantum. The system can make dynamic show of missile's attack to relevant target in different situations, including sorts of simulated information like special effects, sound effects, etc, with a fluent picture, a stable system performance and a desirable interactive capability. The visual simulation program, developed by means of Visual C++, resolves specific problems like visual drive and automatic viewpoint switching. The simulated result shows the simulated air combat process can be vividly represented in real time and an intuitionist evaluation of the combat effectiveness and capability is provided.

Key words: Vega; simulated air combat; scene simulation