

基于VR的导弹攻防对抗仿真^{*}

朱鑫森¹,刘顺成²

(1. 第二炮兵工程学院 研二队,西安 710025;2. 第二炮兵青州士官学校,山东 青州 262500)

摘要:建立了导弹攻防对抗模型,通过Microsoft Visual Studio.NET软件环境提供实时数据,发送到VR仿真引擎中,利用VR仿真工具进行导弹攻防对抗仿真,可以经济、方便、高效地演示攻防对抗双方的战术动作、双方导弹在空中的飞行姿态及对抗的结果,增强了导弹攻防对抗的真实效果。

关键词:VR平台虚拟战场;导弹攻防对抗;视景仿真

中图分类号:TP391.9

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2009)10-0104-03

虚拟现实(Virtual Reality,简称VR)技术是近十几年悄然兴起的高新技术。它是一种计算机系统,这种系统创建模拟现实世界的虚拟三维环境。这种由系统创建的虚拟环境,作用于用户的视觉、听觉、触觉,使用户产生身临其境的感觉,用户很自然地通过计算机进入这个环境并操纵系统中的对象进行交互,进而沉浸其中^[1-2]。目前,虚拟现实技术在军事领域上的广泛应用,为提高军队训练质量、节省训练经费,缩短武器装备的研制周期,提高指挥决策水平等都发挥着极其重要的作用。

导弹作战仿真模型是指导弹作战过程模拟仿真所应用的各种模型的整体。具体讲,就是根据导弹作战环境及特点而对有关作战活动进行科学抽象与恰当表示,构建导弹作战行动的描述模型与综合效果计算模型。导弹攻防对抗作战过程的建模与仿真主要实现获取作战效能指标体系的参数和指标的对抗仿真过程。通常要进行必要的问题界定和假设,并在此基础上构造导弹攻防对抗的理论模型、数学模型和仿真模型,利用Creator软件制作导弹实体模型,在Microsoft Visual Studio.NET软件环境下提供实时驱动数据,将导弹攻防作战过程转变为3D画面演示。这个环节不仅要依据所建立的导弹作战效能指标体系,而且要依据导弹攻防对抗的军事实践原则和经验,还要依据现有的计算机技术水平、仿真软件特点和可用的仿真实论方法。

1 攻防对抗仿真系统组成

弹道导弹防御系统^[3]的基本组成包括以预警卫星为主的弹道导弹预警探测系统、以远距离识别跟踪雷达为主的目标跟踪系统、以反导拦截导弹为主的反弹道导弹系统以及作战管理与指挥控制通信系统。

在导弹攻防作战仿真中,一般都包含有导弹进攻作战

仿真和导弹防御作战仿真。由于仿真的需求不同,其侧重点也有所不同。针对导弹空防能力的仿真,其侧重点就在对反导防御系统的仿真上;针对导弹部队作战战术的研究,其侧重点就在对导弹进攻作战的仿真上。目前,国内的研究大部分集中在从进攻的角度,而国外的研究主要是从防御的角度进行。

2 攻防对抗作战仿真模型

2.1 虚拟战场环境模型

虚拟战场环境模型包括实体模型、环境模型及效果模型。通过营造的虚拟战场环境模型,建立一个虚拟的、非常逼真的战场环境,使作战人员沉浸在由计算机产生的作战环境中,使操作人员获得最真实、最直接的感受,并根据仿真过程实时进行人机交互。

2.1.1 实体模型

实体模型是指自然界真实物体的模型,又可分为静态和动态实体模型2种。静态模型是指存在于系统场景中相对位置静止,不具有数据驱动特征,不会主动改变自身的状态和虚拟环境中的各种特性的目标模型,包括地球、发射场地和发射车等目标模型。动态模型是指系统场景中相对地球有运动,具有数据驱动特征,其活动和交互会直接或间接影响到系统场景状态转移的目标模型,它是系统场景中的主体,例如导弹模型提供导弹动作的简单处理,比如点火、发射、助推器脱落、弹体分离、捕获、预警、爆炸解体等。

在导弹攻防对抗仿真模型中,涉及的实体包括:战术弹道导弹、预警系统、反导导弹、诱饵、制导雷达等。

1) 战术弹道导弹。计算战术弹道导弹飞行时的位置和姿态。

* 收稿日期:2009-06-25

作者简介:朱鑫森(1984—),男,福建莆田人,硕士研究生,主要从事目标跟踪识别研究。

2) 突防措施. 计算突防措施的实施时刻和实施范围考虑的突防措施可以有电子干扰机、轻重诱饵、红外诱饵等.

3) 预警系统. 计算探测发现目标的概率.

4) 制导雷达. 计算反导弹拦截飞行的制导指令.

5) 反导弹. 计算反导弹飞行弹道以及实施拦截的时机.

6) 诱饵. 战术弹道导弹在突防的过程中释放假弹头, 增加其突防概率.

2.1.2 作战环境模型

环境建模就是要把客观存在的环境空间搬上计算机, 其重要功能是为作战进程创建虚拟战场环境, 进行三维场景演示和二维态势显示, 为系统分析人员提供有沉浸感 (Immersion)、交互感 (Interaction) 和构想感 (Imagination) 的高逼真度、情景交融、形象直观的论证分析平台.

环境模型包括战场环境量化属性与相互关系模型、战场态势随空间/时间的变化关系模型和其对作战单元行动的影响模型, 具体为地形模型、地貌模型、地物模型、气象模型 (包括天空模块、雨模块和云模块) 等.

2.1.3 效果模型

效果模型包括普通效果模型和虚拟效果模型. 普通效果是指由实体目标产生的, 引起自然环境和其它实体发生变化的效果, 其模型包括导弹尾焰、爆炸烟雾、爆炸碎片等模型. 虚拟效果是为了生动形象的表示自然界中实际并不存在的抽象目标的行为属性, 而创建的虚拟模型, 主要包括弹道轨迹、水平线和提供导弹信息实时显示的标牌 (包括显示导弹的国籍、型号、经度、纬度和海拔高度).

2.2 弹道导弹飞行轨迹生成模型

弹道导弹的飞行一般由垂直起飞、程序转弯、发动机关机、头体分离、自由段飞行、再入段飞行和击中目标 7 部分组成. 从它的飞行过程可将其分为主动段 AB、自由飞行段 BC、和再入段 CD 3 段, 如图 1 所示.

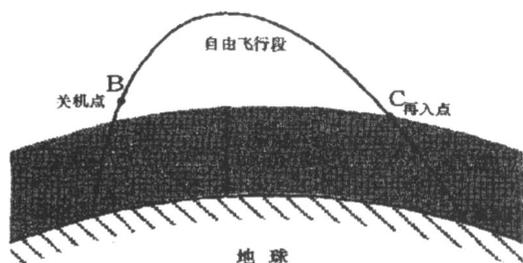


图 1 弹道导弹飞行轨迹

本文中主要是对弹道导弹攻防对抗进行仿真, 因此, 对弹道导弹的弹道进行简化. 其简化假设如下:

1) 弹道导弹飞行轨迹是一个椭圆形状, 其主动段和再入段也都被认为是椭圆弹道的一部分;

2) 地球是一个旋转的圆球;

3) 攻击方导弹起飞时为物理和仿真 0 时刻.

具体弹道导弹飞行轨迹生成模型由于篇幅所限, 不具体列出, 可以参考文献[4].

2.3 拦截弹弹道模型

基于 PAC-3 反导弹制导方式, 拦截弹弹道如下: 垂直发射后转向弹道导弹来袭方向, 中制导段按逆轨导引规律导引拦截弹飞向预测的命中点, 末制导段采用自动搜索目标逆轨拦截, 在距离较近时采用纯比例导引.

2.3.1 拦截弹弹道

拦截弹^[5-6]在中制导段采用逆轨比例导引, 由现代控制理论得到逆轨拦截的最优制导律为:

$$a_N = - |R| \left[4q_s + \frac{2(q_s - q^s)}{T_g} \right]$$

式中: R 为拦截弹与目标的接近距离; q_s 为拦截弹与目标的视线角; q^s 为预测拦截点目标倾角; T_g 为预测的剩余飞行时间.

拦截弹在末制导段采用纯比例导引, 由现代控制理论得到的最优制导律为:

$$a_N = - 3 |R| \cdot q_s$$

拦截弹的运动学导引弹道方程为:

$$\dot{x}_L = v_L \cos \alpha$$

$$R = R_T - R_L$$

$$\dot{y}_L = v_L \sin \alpha$$

$$\dot{R} = v_T - v_L$$

$$\dot{z}_L = v_L \cos \beta$$

其中: 下标 L 表示拦截弹; T 表示目标.

3 导弹攻防对抗作战可视化实现

利用软件 Creator 制作所需的导弹实体模型, VR 仿真引擎营造的虚拟战场环境模型, 在 Microsoft Visual Studio .NET 软件实时数据驱动下, 根据实时仿真结果, 将导弹攻防作战过程以一个直观的 3D 界面显示给人们面前, 增强作战人员对导弹攻防作战的直观印象.

整个导弹攻防对抗作战 VR 仿真的流程: 攻击方根据作战需要欲对方某战略目标进行攻击, 某作战单元将发射车开到指定区域并起竖、发射导弹. 防御方在己方保护的区域上部署 PAC-3 反导防御系统, 攻击方接受上级命令将导弹开到指定地点并起竖、点火发射导弹, 防御方的导弹预警探测系统发现来袭导弹识别并跟踪其弹道后发射 PAC-3 导弹进行拦截.



图 2 攻击方欲攻击的目标



图3 防御方部署 PAC-3

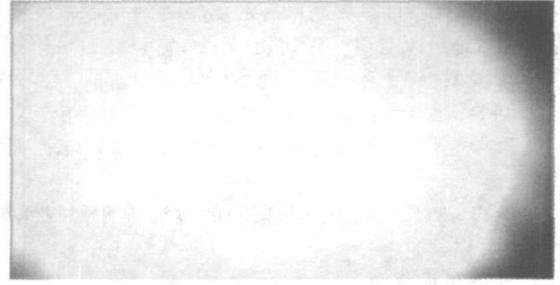


图8 PAC-3 成功拦截并产生爆炸

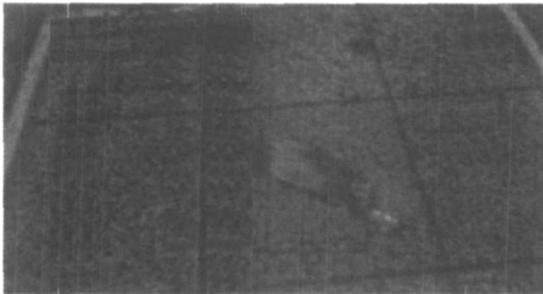


图4 攻击方导弹起竖准备发射

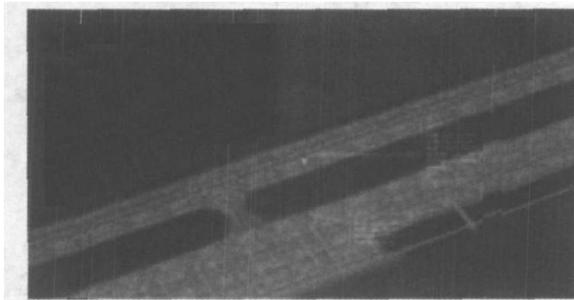


图5 攻击方导弹点火发射

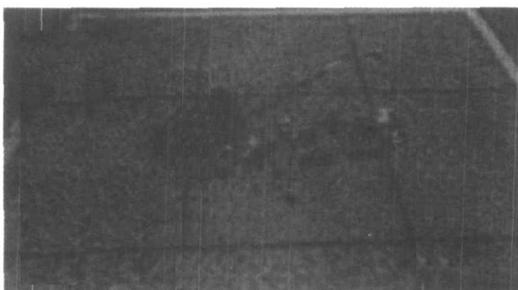


图6 防御方发现来袭导弹后发射 PAC-3 导弹

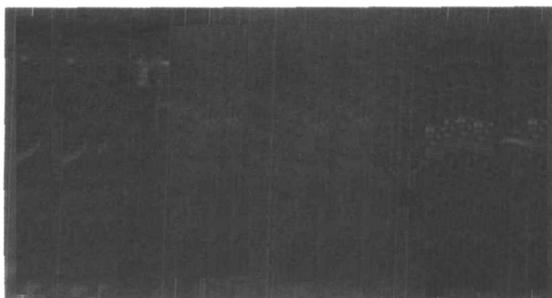


图7 攻击方弹头与 PAC-3 导弹在高空相遇

导弹攻防对抗仿真实代码：

```
// 加入攻击方和防御方地景
CString szLand = g. 3DMain. GetExePath();
szLand += \ Land;
AddSceneLandDir( szLand );
// 导入攻击方导弹实体
CString szPath1 = g. 3DMain. GetExePath();
szPath1 += \ model \ XX 弹. scn;
CTD. UserMissile *pMissile1 = AddMissile( 1, szPath1 );
// 导入防御方 PAC-3 导弹实体
CString szPath2 = g. 3DMain. GetExePath();
szPath2 += \ model \ PAC- 3. scn;
CTD. UserMissile *pMissile2 = AddMissile( 2, szPath2 );
// 攻击方导弹开始起竖准备发射
pMissile - > SetPosPose( k. Lon, k. Lat, m. Height, k. fCourse,
k. fAlpha, k. fRoll );
// 导弹起飞后, 给导弹加载飞行弹道
pMissile - > SetPosPose( m. Lon, m. Lat, m. Height, m.
fCourse, m. fAlpha, m. fRoll );
// 给导弹添加一条尾烟, 增强逼真程度
CTD. UserWake * pWake = Missile - > AddWake( 110, 1.9, - 8 );
// 给导弹增加标牌
CTD. UserLabel * pLabel = pMissile - > AddLabel( 0. 1f, 0. 2f,
0. 0f, NULL, NULL );
pLabel - > SetParameter. Show( true ); // 显示标牌
pLabel - > SetBackColor( RGB( 255, 0, 0 ), 255 ); // 设置背景
颜色
pLabel - > SetParameter. Account( 5 ); // 获取当前信息的条数
// 将导弹飞行的时刻状态信息显示在标牌上
pLabel - > SetParameter. Info( 0, 国籍: XX );
pLabel - > SetParameter. Info( 1, 型号: XX 导弹 );
pLabel - > SetParameter. Info( 2, 经度: + str1 );
pLabel - > SetParameter. Info( 3, 纬度: + str2 );
pLabel - > SetParameter. Info( 4, 高度: + str3 );
// 如果攻击方弹头与 PAC- 3 导弹相撞, 则发生爆炸
if( m. Lon == m. Lon1 && m. Lat == m. Lat1 && f. Height
== f. Height1 )
AddExplode( Lon, Lat, fHeight, 10.0, false );
```

(下转第 110 页)

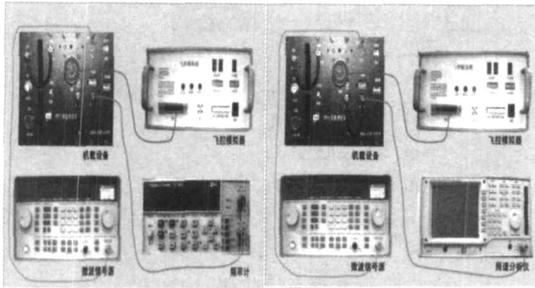


图5 设备连接

步骤1 选择机载测控设备,使主选频(主遥控接收机频道)的通道1置打开状态。

步骤2 打开飞控模拟器的电源,并点击接收按钮。

步骤3 打开微波信号源的电源,点击频率按钮,输入1 728,点击 MHz 单位按钮。点击振幅按钮,输入 - 50,点击 dBm 单位按钮。点击 MOD ON/ OFF 按钮和 AF ON/ OFF 按钮。

步骤4 打开频率计的电源,查看频率读数。

步骤5 再打开微波信号源,点击频率按钮,点击清除按钮,清除两位,再输入1 736,点击 MHz 单位按钮。

步骤6 打开频率计并点击刷新按钮,查看频率读数。

当检测完成后,通过将检测获得的数值与正常范围内的数值进行比较,能够确定主通道遥控接收机输出频率、电平与载噪比的值是否准确,进而判断主通道遥控接收机能否正常工作,完成此故障的故障诊断训练。

3 结束语

基于在真实电子装备实现故障诊断训练难的特点,本文中提出在虚拟的环境下,使用 CL Studio 仿真软件作为电子装备虚拟故障诊断训练中装备面板和检测设备的建模和仿真工具,取得了良好的训练效果,基本实现了故障诊

断训练。但由于对 CL 建模与仿真的方法理解不够深入,因此只实现了检测设备的简单功能,还需对 CL Studio 进行更深入的研究。



图6 检测过程

参考文献:

- [1] 张文,朱元昌. CL Studio 及其在雷达面板仿真中的应用[J]. 测控技术,2002,21(12):50-52.
- [2] 高颖,邵亚楠. CL Studio 在飞机座舱模拟器中的仿真研究[J]. 弹箭与制导学报,2008,28(1):257-260.
- [3] 朱渊超,车建国. 基于 CL Studio 模型雷达面板仿真[J]. 电脑开发与应用,2006,19(5):21-25.
- [4] 许颖慧,杨峰. CL Studio 在仪表仿真开发中的关键技术研究[J]. 自动化技术与应用,2008,27(10):76-79.
- [5] 樊世友. CL Studio 软件在视景仿真建模中的应用[J]. 计算机工程,2002,28(3):260-261.
- [6] 李彪,唐金国. 某型导弹指挥仪训练仿真系统虚拟仪表集成方案研究[J]. 工业控制计算机,2006,19(11):77-80.

(上接第106页)

4 结束语

基于 VR 开发平台,通过建立虚拟战场环境模型和攻击方导弹运动学模型和防守方根据攻击方的导弹运动模型获得反弹道模型,构建了导弹攻防对抗过程的三维视景场景。可以使导弹攻防对抗作战过程直观地展现在人们面前。在直接感官上就可以得到许多弹道导弹攻防对抗过程的信息,增进对仿真模型和仿真过程的认识和理解。而且,通过视角上的接触,有利于发现攻防对抗仿真中存在的不足之处,有利于人们沉入思考并不断改进,使导弹攻防对抗仿真更加逼近实际情况。通过攻防作战的可视化仿真,可以有利于作战指挥人员更容易地作出比较合理的作战策略,为赢得战争胜利增加筹码。

参考文献:

- [1] 周前祥. 航天虚拟现实仿真技术的研究发展[J]. 科技导报,1998(10):35-38.
- [2] 蒋庆全. 国外 VR 技术发展综述[J]. 飞航导弹,2002(1):27-34.
- [3] 罗小明. 弹道导弹攻防对抗的建模与仿真[M]. 国防工业出版社,2009.
- [4] 胡甜,吴静. 战术导弹攻防对抗弹道仿真研究[J]. 计算机测量与控制,2008,16(8):1132-1135.
- [5] 陈建祥,陆镇麟. 逆轨拦截战术弹道导弹的分析[J]. 系统工程与电子技术,1998,20(4):18-22.
- [6] 张秀山,鄢来斌,林华,等. 现代军用仿真技术基础[M]. 国防工业出版社,2007.