

某 DIS 仿真系统中的计算机生成兵力研究

耿奎, 李为民, 陈永革, 赵晨光

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:在分析 DIS 仿真系统框架的基础上,讨论了仿真系统中的进攻方 CGF 系统的实体动态模型、自治行为产生和操作员控制,最后说明了仿真系统中的时空一致性问题。对研究基于 DIS 的计算机生成兵力有一定的指导意义。

关键词:分布交互仿真;计算机生成兵力;协议数据单元

中图分类号:TP391.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2004)02-0044-04

分布交互仿真是以计算机网络为支撑,将分散于不同地域的相对独立的各类仿真器互联起来,构成一个大规模、多参与者协同作用的综合虚拟环境,以实现含人平台,非含人平台间的交互以及平台与环境的交互^[1]。计算机生成兵力是在 DIS 仿真中由计算机生成和控制一个或多个对抗的仿真实体,通过对人类行为足够的建模,这些实体不需要人的交互而自动地对仿真环境中的事件和状态做出反应^[2]。CGF 的逼真性对于提高分布式战场环境军事演练的真实水平,促进战法,训法等方面的研究具有重要作用^[3]。

1 仿真系统框架

某 DIS 仿真系统由红、白、蓝 3 方组成,其中,蓝方为进攻方,负责产生多种作战想定下的全空域、多批次、多类型空袭兵器的空情,以协议数据单元(PDU)的形式向网上广播,主要应用的是实体状态 PDU;白方为仿真管理方,主要进行仿真进度管理,控制仿真的初始化、同步、开始、暂停及结束等;红方为地面防空方,由预警与指挥中心、地空导弹及高炮等分节点组成,在预警与指挥中心的控制下,地空导弹、高炮对空袭目标进行拦截,并将拦截结果上报指挥中心,系统的框架如图 1 所示。

2 CGF 系统

在该仿真系统中,CGF 系统由两个系统组成:进攻方 CGF 系统和地面防空 CGF 系统。地面防空 CGF 系统生成预警与指挥中心、地空导弹及高炮等各种仿真实体,进攻方 CGF 系统产生防空作战面临的各种空袭模式的威胁目标。进攻方 CGF 系统产生的空情必须较为真实地反映空袭兵器的飞行轨迹、运动特点及空袭模式等,由实体动态模型、自治行为产生和操作员控制 3 个部分组成。

2.1 实体动态模型

这里的实体动态模型主要是空袭兵器的动力学模型。动力学模型一般采用相对简化的模型,以减少所占用的计算时间,相应就增加了仿真的兵力个数。用面向对象的软件设计思想,把虚拟战场环境中需要建模的实体看成是个对象,分别对应于真实世界中的对象,把对象的参数和行为封装于对象中。

进攻方 CGF 系统产生的实体种类包括:歼击机、轰炸机、干扰机、预警机、巡航导弹(CM)、直升机、对地攻击机、空地弹、反辐射导弹、战术弹道导弹(TBM)等。这些实体的航迹类型可分为以下几种^[5]:水平运动

收稿日期:2002-09-06

基金项目:高等学校骨干教师资助计划项目(GG-1105-90039-1004)

作者简介:耿奎(1976-),男,湖北随州人,博士生,主要从事区域防空反导作战运筹分析;

李为民(1964-),男,甘肃民勤人,教授,博士生导师,主要从事军事运筹与工程研究。

(直线、机动);空地弹(反辐射导弹);垂直机动(俯冲、山羊跳);TBM 等。

1)水平直线:目标无水平机动和垂直机动,以一定的高度和方向平直飞行,如图 2 所示。

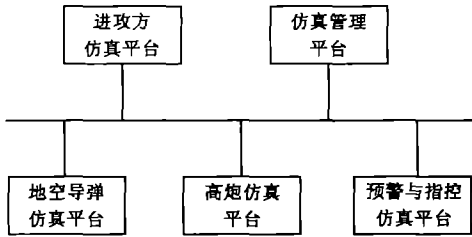


图 1 仿真系统框架图

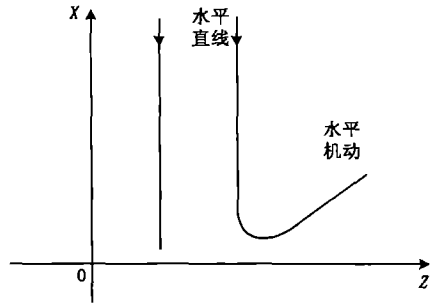


图 2 水平直线与水平机动航迹

2)水平机动:目标先按水平直线飞行,到某一点再向左或向右机动,达到一定角度再改成水平直线飞行,如图 2 所示。设目标在北天东坐标系中的坐标为 (x, y, z) , 速度为 v , 转弯时刻为 t_j , 初始坐标为 (x_0, y_0, z_0) , 则

$$x = \begin{cases} x_0 - vt & t \leq t_j \\ x_0 - vt_j - \rho \sin \varphi & t \leq t_j \end{cases} \quad (1)$$

$$y = y_0 \quad (2)$$

$$z = \begin{cases} z_0 - vt & t \leq t_j \\ z_0 - \rho \cos \varphi & t \leq t_j \end{cases} \quad (3)$$

其中:当 $t_j = t_{\max}$ 时为直线航迹; $\rho = 1000v^2/gn_x$; g 为重力加速度; n_x 为转弯时的机动过载; $\varphi = \begin{cases} 0 & t \leq t_j \\ v(t - t_j)/\rho & t \geq t_j \end{cases}$ 。

3)垂直机动(俯冲):目标开始以水平直线飞行,到达空袭目标上空向下俯冲投弹,然后再拉平飞出目标区,如图 3 所示。则

$$x = x_0 \quad (4)$$

$$y = \begin{cases} y_0 & t \leq t_{j1} \\ y_0 - \rho(1 - \cos \varphi) & t_{j1} < t \leq t_{j2} \\ y(t_{j2}) - (t - t_{j2})v \sin \theta & t_{j2} < t \leq t_{j3} \\ y(t_{j3}) - \rho_2 [\cos \theta - \cos(\theta - \varphi)] & t_{j3} < t \leq t_{j4} \\ y(t_{j4}) - v(t - t_{j4}) \sin \alpha & t_{j4} < t \leq t_{j5} \\ y(t_{j5}) - \rho_3 \sin \varphi + \rho_3 \sin(\frac{90 - \alpha}{57.3}) & t_{j5} < t \leq t_{j6} \\ y(t_{j6}) & t_{j6} < t \end{cases} \quad (5)$$

$$z = \begin{cases} z_0 - vt & t \leq t_{j1} \\ z(t_{j1}) - \rho_1 \sin \varphi & t_{j1} < t \leq t_{j2} \\ z(t_{j2}) - (t - t_{j2})v \cos \theta & t_{j2} < t \leq t_{j3} \\ z(t_{j3}) - \rho_2 [\sin \theta - \sin(\theta - \varphi)] & t_{j3} < t \leq t_{j4} \\ z(t_{j4}) - v(t - t_{j4}) \cos \alpha & t_{j4} < t \leq t_{j5} \\ z(t_{j5}) - \rho_3 \cos(\frac{90 - \alpha}{57.3}) + \rho_3 \cos \varphi & t_{j5} < t \leq t_{j6} \\ z(t_{j6}) - v(t - t_{j6}) & t_{j6} < t \end{cases} \quad (6)$$

其中: $\rho_1 = 1000v^2/gn_{y1}$; $\rho_2 = 1000v^2/gn_{y2}$; $\rho_3 = 1000v^2/gn_{y3}$; $t_{j2} = \theta\rho_1/57.3v + t_{j1}$; $t_{j4} = (\theta + \alpha)\rho_2/57.3v + t_{j3}$; $t_{j5} = t_{j3} - t_{j2} + t_{j4}$; $t_{j6} = \gamma\rho_1/57.3v + t_{j5}$ 。

$$\varphi = \begin{cases} 0 & t \leq t_{j1} \\ \frac{v(t-t_{j1})}{\rho_1} & t_{j1} < t \leq t_{j2} \\ 0 & t_{j2} < t \leq t_{j3} \\ \frac{v(t-t_{j3})}{\rho_2} & t_{j3} < t \leq t_{j4} \\ 0 & t_{j4} < t \leq t_{j5} \\ \frac{v(t-t_{j5})}{\rho_3} + \frac{90-\gamma}{57.3} & t_{j5} < t \leq t_{j6} \\ 0 & t_{j6} < t \end{cases}$$

4)垂直机动(山羊跳):目标先以低空水平直线飞行,然后突然爬高、拉平,瞄准目标后俯冲投弹,再拉平飞出目标区,如图4所示,其目标航迹模型可参照垂直机动(俯冲)航迹。

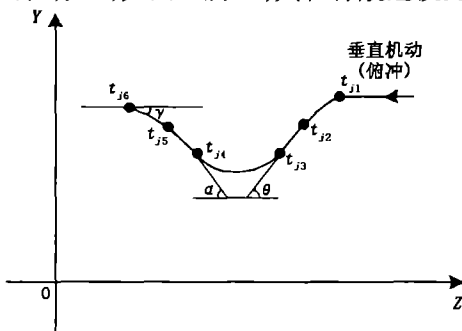


图3 垂直机动(俯冲)航迹

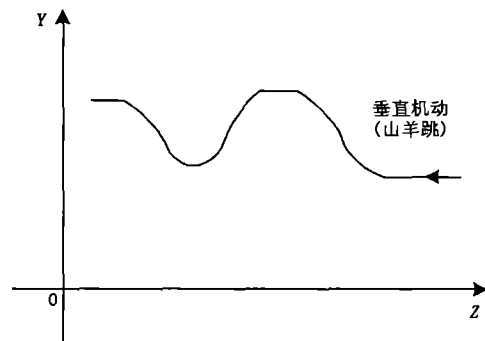


图4 垂直机动(山羊跳)航迹

2.2 自治行为产生

自治行为产生部分的工作是根据战场态势和作战规则库实时地做出战术决策并执行战术动作,给实体动态模型发出相应的命令和控制信号,如平台加速、武器开火等。要求能够提供多种作战想定下的全空域、多批次、多类型空袭兵器的空情,符合空袭作战的特点。

2.3 CGF 操作员

CGF 操作员用于对 CGF 系统的管理和控制,包括分配任务、初始化、启动和干预 CGF 实体的自治行为。在仿真时,根据不同的作战想定,可编辑相应的数据文件,在初始化时调入,从而产生不同的空袭模式。

3 时空一致性问题^[3]

3.1 时间一致性

DIS 只允许在统一的时间推进机制和时间尺度下实时仿真应用的共同参与,但由于各仿真节点之间的时钟不同步及节点间的信息传输延时造成节点之间在时间处理上的差异,从而造成时间不一致。在本仿真系统中采用时间戳机制来保证时钟同步。选定一个时间作为标准时间,在 PDU 的协议中设有时间戳项,以标准时间为基准发生时间来修正每个时钟误差,保证运行时有统一的时间坐标。

3.2 空间一致性

由于各节点对于仿真实体的空间位置和姿态的描述方法的不同,导致节点之间在空间的不一致。保证空间一致性的方法主要是选用公用坐标系。以下是 DIS 仿真系统中用到的坐标系。其中,地理坐标系和 DIS 地心坐标系是公用坐标系,计算机生成兵力仿真节点采用北天东坐标系。

1)地理坐标系

VR - Link 允许用右手地理笛卡尔坐标系表示现实位置。VR - Link 地理坐标系的原点在地理的表面,X - Y 平面在 原点与地球相切,正 X 轴指向北方,正 Y 轴指向东方,正 Z 轴指向下方。

2)DIS 地心坐标系

DIS 仿真系统采用的分布交互仿真软件为 VR - link3.3,其公共坐标系为采用右手地心笛卡尔坐标系表

示现实位置。DIS地心坐标系的原点是地球的中心,正 X 轴通过首子午线与赤道交点,正 Y 轴通过东经 90° 线与赤道交点,正 Z 轴通过北极。

3) 北天东坐标系^[4]

计算机生成兵力仿真节点采用北天东坐标系,取某一参考点为原点, X 轴指向正北方向, Y 轴垂直水平面向上, Z 轴依右手坐标系确定。

节点接收到实体状态PDU后,利用VR-Link的实用函数将目标数据从DIS地心坐标系转换到地理坐标系,尔后再从地理坐标系转换到仿真节点的北天东坐标系;节点在发送实体状态PDU时,先将目标数据从仿真节点的北天东坐标系转换到地理坐标系,然后利用VR-Link的实用函数将目标数据从地理坐标系转换到DIS地心坐标系。

4 结束语

本文介绍了某DIS仿真系统中的进攻方CGF系统,主要有两个特点:①采用面向对象技术,使计算机生成兵力简单可行,只需编辑相应的数据文件即可;②其仿真模型具有通用性,稍加修正可用于不同的DIS仿真系统。仿真结果表明,该CGF系统能够提供多种作战想定下的全空域、多批次、多类型空袭兵器的空情,体现了各种空袭兵器的战技性能特点,满足了仿真系统的需要。计算机生成兵力是DIS及HLA中的一个重要研究领域,在该领域还有许多值得研究的问题。

参考文献:

- [1] 崔智社,黄树采,李为民. 对象建模技术在分布交互仿真系统中的应用研究[J]. 系统仿真学报,2000,12(1):9-13.
- [2] 王昌金,龚光红,王行仁. 计算机生成兵力[J]. 北京航空航天大学学报,1999,25(3):314-317.
- [3] 康凤举. 现代仿真技术与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2001.
- [4] 赵晨光,耿奎,李为民. 防空导弹武器系统仿真中的坐标变换研究[J]. 计算机工程,2001,27(5):60-61.
- [5] 岳韶华,张金成. 基于面向对象方法的雷达航迹模拟系统设计[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2000,1(5):54-56.

(编辑:田新华)

Study of DIS - Based CGF System

GENG Kui, LI Wei-min, CHEN Yong-ge, ZHAO Chen-guang

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

Abstract: On the basis of analyzing the frame of the DIS simulation system, the entity dynamic model, self-rule action producing and operator controlling of the attacking CGF system in the simulation system are discussed. Finally time-space consistency in the simulation is shown. It is of significant guidance for the study of DIS-based CGF system.

Key words: DIS (Distributed Interactive Simulation); CGF (Computer Generated Force); PDU (Protocol Data Unit)