

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.05.011

基于 HLA/RTI 的坦克分队作战仿真系统

郜鹏¹, 于振冰²

(1. 蚌埠坦克学院 研究生队, 安徽 蚌埠 233050; 2. 蚌埠坦克学院 火力运用教研室, 安徽 蚌埠 233050)

摘要: 为提高坦克分队作战仿真的效率, 采用高层体系结构 (High Level Architecture, HLA) /运行支撑框架 (Run-Time Infrastructure, RTI) 技术对坦克分队作战进行仿真。运用作战仿真建模方法, 着重从系统功能及特点、体系结构、工作流程、系统开发方面进行研究。通过构建 FOM/SOM 并生成 FED 文件, 解决了与战场环境联邦成员的连接难题。实践证明, 该系统设计合理、运行稳定、模拟效果逼真, 能产生一定的军事效益和经验效益, 满足坦克分队战术模拟训练的需要, 为以后分队作战智能化仿真研究提供借鉴。

关键词: HLA/RTI; 坦克分队; 作战仿真; 训练

中图分类号: N945.13 **文献标识码:** A

Tank Element Combat Simulation System Based on HLA/RTI

GAO Peng¹, YU Zhen-bing²

(1. Brigade of Postgraduate, Bengbu Tank Institute, Bengbu 233050, China;

2. Staff Room of Fire Operate, Bengbu Tank Institute, Bengbu 233050, China)

Abstract: To promote the tank element combat simulation efficiency, the system simulates tank element combat by using the method of combat simulation modeling, there are: High Level Architecture (HLA) and Run-Time Infrastructure (RTI) progress. And puts great emphasis on studying from function and characteristic, architecture, working flow, exploitation system are studied. By building FOM/SOM and creating FED files, it puts the axe in the helve that links with battlefield environment federate. Practices shows that the design of system is logical, the circulator is steady, the effect of simulation is vivid, and it can produce military and economic efficiency. The system can satisfy the needs of Training of tank element's tactics. These models can be used as reference for intellectualized combat simulation.

Keywords: HLA/RTI; Tank element; Combat simulation; Train

0 引言

随着我军装甲兵部队训练模拟化的日益需要, 提高坦克分队作战仿真的效率已成为一个急需解决的问题。故采用高层体系结构 (High Level Architecture, HLA) 技术, 通过网络将各地的坦克仿真器、计算机生成的兵力和其他仿真设备链结起来, 建成基于武器平台仿真和作战模型系统仿真的坦克分队作战仿真系统, 以实现分队作战训练成绩自动评估, 形成时间、空间相互耦合的坦克分队作战仿真与训练和实验环境, 为坦克分队作战模型、装甲兵新装备性能和作战应用研究提供实验环境。

1 系统简介

1.1 系统结构

系统体系结构是提供和支援坦克分队作战仿真系统各个功能子系统的互联, 目的是描述系统的内部结构关系与运行机制。坦克分队作战仿真系统的体系结构如图 1。

1.2 系统功能

坦克分队作战仿真系统以对抗训练为基本方式, 构造一个近似实战的虚拟战场视景和音响环境, 使参训人员在操作模拟实装的条件下, 完成坦克分队不同规模和层次的战术训练内容, 并能对训练成绩进行评估^[1]。可为坦克兵作战理论研究和外、台军提供试验平台, 能根据未来高技术条件下局部战争的特点, 通过多种条件下在仿真系统中进行的作战对抗仿真, 获取试验数据, 为研究坦克兵作战理论提供依据。

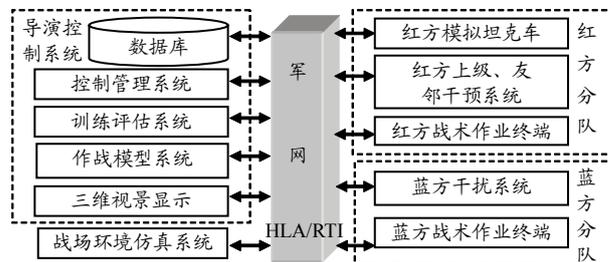


图 1 系统结构图

2 系统工作流程

系统工作流程由仿真前期、仿真中期、仿真后期 3 部分组成, 如图 2。

收稿日期: 2009-12-30; 修回日期: 2010-03-10

作者简介: 郜鹏(1984-), 男, 山西人, 蚌埠坦克学院在读硕士研究生, 从事兵种战术学研究。

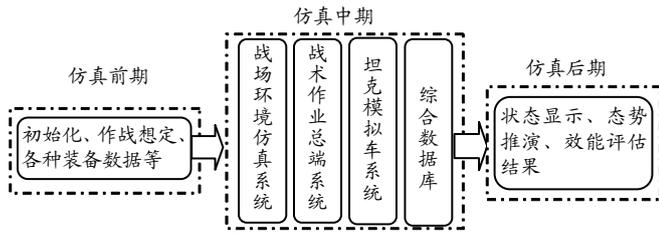


图 2 系统工作流程

3 系统开发

开发基于 HLA 的作战仿真系统，应首先明确联邦及联邦成员的组成，确定联邦成员之间的交互及交互信息，然后建立联邦对象模型（FOM）和仿真对象模型（SOM）；最后对各个联邦模型进行模型实现^[2]。

3.1 定义联邦成员

该系统将坦克分队作战仿真分为导演控制联邦、坦克分队联邦和战场环境联邦，每一联邦负责管理各自所辖的若干相互作用的联邦成员，而运行支撑环境 RTI 将各联邦成员连接在一起，管理各邦元运行，构成一个开放的分布式坦克分队作战仿真系统。

3.1.1 导演控制系统联邦

导演控制联邦的成员包括：控制管理系统邦元、训练评估系统邦元、作战模型系统邦元和三维视景显示邦元；1) 控制管理系统邦元负责将导演控制台发送给各坦克对抗分队的信息进行存储和实时解析；2) 训练评估系统邦元负责将作战信息进行实时采集、存储、加工处理以及提取，借助专家经验，对训练成绩进行评估；3) 作战模型系统邦元负责接受、解析和执行导演控制台和其他各战术作业终端传送的命令，并将执行结果进行反馈回各战术作业终端；4) 三维视景显示邦元负责实现将战场视景从二维向三维切换。

3.1.2 坦克分队联邦

坦克分队联邦的红方成员包括：红方模拟坦克车邦元、红方上级友邻干预系统邦元和红方战术作业终端邦元。1) 红方模拟坦克车邦元负责将单坦克的驾驶、射击、通信、指挥等功能进行仿真实现；2) 红方上级友邻干预系统邦元负责将导演控制台发送干预命令进行整理、分析、执行；3) 红方战术作业终端邦元负责红方坦克分队战术指挥作业执行。

坦克分队联邦的蓝方成员包括：蓝方干扰系统

邦元和蓝方战术作业终端邦元。1) 蓝方干扰系统邦元负责蓝方坦克分队电磁干扰任务执行；2) 蓝方战术作业终端邦元负责蓝方坦克分队战术指挥作业执行。

3.1.3 战场环境联邦

战场环境联邦成员包括：地形邦元、天候邦元及电磁邦元。1) 地形邦元负责地形场景模型的管理，将当前视野内的相关地形场景模型加载入内存，无关模型从内存中卸载；2) 天候邦元负责管理时间、季节、风、雨等模型以及实时生成虚拟战场；3) 电磁邦元负责将电磁信号的位置及强弱量化描述，对作战实体模型属性进行修正。

3.2 FOM/SOM 的开发设计

基于 HLA 的 SOM/FOM 的开发采用对象模型模板（OMT）来描述。OMT 主要由对象模型鉴别表、对象类结构表、交互类结构表、属性表、参数表、枚举数据类型表、复合数据类型表、路径空间表、FOM/SOM 词典九种表格组成^[3]。当描述一个联邦或成员的对象模型时，都必须使用上述表格。一个 HLA 对象模型至少要包含一个对象类或交互类，但在某些情况下，描述对象模型的一些表可能是空表。

重点研究对象类和交互类的开发设计。对象类和交互类的设计实际是确定各个联邦成员之间的数据流和控制流。各个联邦成员通过发布其它联邦成员感兴趣的对象类和交互类，订购自己所需要的对象类和交互类，实现联邦成员之间信息交换和互操作。对象类属性表和交互类参数表描述如表 1、表 2。

3.3 FED 文件设计

联邦执行文件（FED 文件）是联邦对象模型（FOM）开发的结果，是为实现所有联邦成员间交互目的而达成的“协议”。FED 文件记录了联邦执行期间所有参加联邦交互的对象类/交互类及其属性/参数、传输的类型、传输顺序以及路径空间信息。在仿真运行期间，RTI 将根据 FED 文件提供的数据细节创建相应的联邦执行，并在整个联邦执行生命周期内以 FED 文件为蓝本，协调联邦成员的交互。由于 VR-Link 工具的基本 FED 文件提供一个定义联邦中所有对象类所需的属性的对象类 BaseEntity，故 FOM 表中的对象类可直接使用该类。编程时，只需在 FOM 映射器中增加交互类的编码/解码程序，RTI 就可获得增加交互类句柄^[4]。

表 1 对象类属性表

Object (对象类)	Attributes (属性)	Data Type (数据类型)	Description (描述)
OcEnvironmentInfo (PS)	Time	Enum	时间
	Season	Enum	季节
	Rain	Enum	雨
	Wind	Enum	风
	Terrain	Enum	地形
	Electromagnetism	Enum	电磁
OcTankModel (PS)	T_Position	Position	位置
	T_State	ZT	状态
	T_Velocity	float	速度
	T_HideK	float	隐蔽系数
	T_WoundK	float	毁伤系数
	T_Damage	float	受破坏程度
	T_Defence	float	防护系数
	T_FireAngle	float	射击角度
	T_FireDis	float	射击距离
	T_Correspond	float	通信
	TypeMoveRoadP	*T_MoveRoad	机动路线
ocTankControl (PS)	T_Velocity	float	指令速度
	T_Correspond	float	指令通信
	T_Fire	Enum	指令射击

表 2 交互类参数表

Interaction (交互类)	Parameters (参数)	Data Type (数据类型)	Description (描述)
IcT_MoveInfo	T_terrain	Enum	地形
	T_Velocity	float	速度
	T_Visibility	float	能见度
	T_View	Bool	通视
IcT_Find Info	Concealment	float	目标配置及隐蔽程度
IcT_Fire Info	T_nemyPower	float	敌火力
	T_Position	Position	目标位置
IcT_DamageInfo	T_ShellTpe	ShellTpe	弹种
...	Object_Defence	float	目标防护程度
...

3.4 仿真系统的程序实现

3.4.1 开发环境

硬件开发环境: 100 Mb/s 自适应的快速以太网网络系统, PC 机终端, 图形工作站, 模拟坦克车。软件开发环境采用 Windows XP 操作系统, 系统总体开发平台采用 Vc++.Net, 部分模型采用 MultiGen Creator 工具建立, 支持联邦设计的开发工具 VR-Link, 数据库开发工具采用 SQL Server 2000。

3.4.2 系统运行实例

系统基于 Windows 方式的联邦成员的程序设计采用多线程结构, 一个是窗口界面线程, 主要用于管理用户和窗口的交互; 另一个是仿真线程, 主要用于完成仿真模型的执行和联邦交互。2 个线程的程序流程如图 3、图 4。

联邦成员的功能可用 VR-Link 工具库中的 HLA 功能和 VC++.Net 或图像软件联合开发。VR-Link 是一个面向对象的 C++ 工具包, 它提供了一系列的类库, 用于执行实现 HLA 的可靠、稳定

的 API(应用程序接口)。VR-Link 的开发过程如下: 1) 仿真开始时, 需要产生联邦, 若联邦已产生, 则加入联邦; 2) 演练产生以后, 需对 FOM 中的对象类属性进行发布、订阅; 3) 借助联邦开发步骤和界面设计可实现各实体联邦成员的功能。

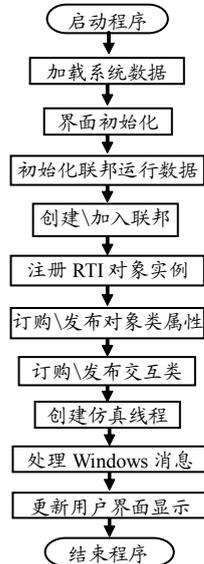


图 3 联邦成员程序流程

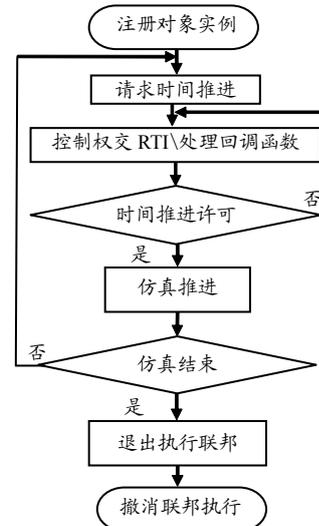


图 4 仿真线程程序流程

系统三维视景软件是采用 MultiGen Creator 软件和 Vega 软件进行开发, 它实现了演练中每个仿真实体的状态显示、战场环境生成以及初始态势的设定等功能。在仿真开始时, 该联邦成员发送预设想定交互, 设置载体和目标的初始状态, 并启动载体和目标的仿真循环。当接收到演练结束交互时, 退出联邦, 当所有联邦成员均已退出联邦时, 负责销毁联邦, 结束演练。三维战场环境和坦克仿真效果图如图 5。

(下转第 36 页)

采用 ODE45 变步长算法, 设置适当的仿真参数, 运行系统仿真模型, 得到系统位移、速度、加速度随时间变化的仿真结果如图 6。

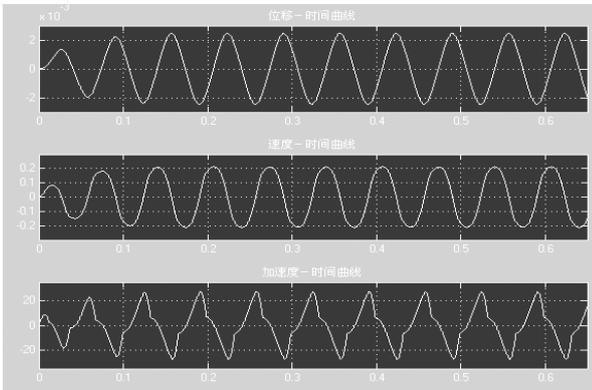


图 6 系统仿真结果

由仿真结果可以看出, 利用所建立的双折线恢复力的仿真模型对非线性迟滞振动系统进行仿真, 在系统设计阶段, 能很容易地得到系统的位移、速度及加速度的时域曲线, 从而实现对系统进行分析、预测、提出改进方案, 以及验证设计理论, 方便、高效。

(上接第 33 页)



图 5 三维战场环境和坦克仿真效果图

4 系统验证

运用计算机仿真技术, 可在实验条件下实现对某个装备或作战系统的评价, 从而逼真地模拟装备性能或作战系统的作战效果, 节省因实装训练带来的人力和物力资源的大量浪费。但所建构的仿真系统为达到该目的, 必须经过验证, 使得仿真系统能够在一定程度上实现实际系统的功能和战技性能。

坦克分队作战仿真系统是仿真坦克等装甲装备进行战术训练的过程。这是一个复杂的系统, 其中涉及到坦克、装甲步兵战车、战场环境、声响系统等主要部分的建模和仿真。下面就坦克分队作战仿真系统验证作初步的探索。

3 结束语

基于 Simulink 的仿真软件建立了 2 种双折线恢复力仿真模型, 并对非线性迟滞振动系统进行了仿真, 可以看出, Simulink 软件编程简单, 可靠性高, 利用其对非线性振动系统进行仿真, 能够很容易地得到系统的位移、速度及加速度的时域曲线。

参考文献:

- [1] 黄协清, 张铁山, 张俊华. 金属橡胶材料隔振特性研究[J]. 机械科学与技术, 2000, 19(6): 977-980.
- [2] 姜洪源, 敖宏瑞, 李瑰贤等. 金属橡胶隔振器动力学模型与分析[J]. 湖南科技大学学报, 2004, 19(3): 23-27.
- [3] 周强. 钢丝绳隔振器的非线性特性及应用[J]. 噪声与振动控制, 1994, 21(4): 8-11.
- [4] 王沐然. Simulink 建模及动态仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [5] 张铮, 杨文平, 等. MATLAB 程序设计与实例应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2003.
- [6] 白鸿柏, 张培林. 滞迟振动系统及其工程应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [7] 王建平, 张旭, 李强. 浮桥运动与锚索张力耦合影响的非线性分析[J]. 四川兵工学报, 2009(3): 1-3.

仿真系统验证可分为数据有效性验证、概念模型验证、计算机模型校核和操作验证。

5 结论

该系统采用共同的技术框架、模型标准及数据标准, 具有较好的可重构性和互操作性。该作战仿真系统提供了标准的交互和控制接口, 与其他各种武器联网可实现军兵种战术综合仿真训练。目前, 该仿真系统已在蚌埠坦克学院“淮河 2102”等多次演习中得到较好的运用, 可对坦克分队战术训练中指挥员指挥和分队作战行动进行自动成绩评定, 实现了训练科学化、统一化和自动化, 大大减轻了因实车训练带来的场地、训练消耗、人员保障等方面的困难, 产生良好的军事效益和经济效益。

参考文献:

- [1] 龚佑华. 基于HLA/RTI的团级维修器材仓库的设计[J]. 兵工自动化, 2006, 25(6): 26-27.
- [2] 花传杰. 装甲兵军事训练仿真技术[M]. 北京: 解放军出版社, 2004.
- [3] 王元慧, 等. 基于HLA的舰船操纵综合仿真平台的设计[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(2): 386-387.
- [4] 付正军. 计算机仿真中的 HLA 技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.