

特定虚拟操作环境下多机协同算法优化及实现

蒋成伟, 康兴无, 王旭平, 陈俊康

(火箭军工程大学作战保障学院, 西安, 710025)

摘要 针对大型复杂导弹武器装备协同操作在同一时空下的特殊情况,开展局域网这个特定虚拟操作环境下的多机(计算机)协同操作研究。通过 Unity3D/network 技术进行局域网环境的构建,在 network 模块内置封装好的组件算法之上,通过加入计数器和控制脚本调用实现算法的优化,进而减少多机协同过程中从服务器到客户端的网络延迟。结果证明:基于优化算法基础的多机协同网络延迟较 network 模块内置封装好的算法表现更好,完全可以满足特定虚拟操作环境下的多机协同操作。

关键词 network;计数器;多机协同;虚拟仿真

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2019.01.005

中图分类号 TP312 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2019)01-0026-06

Optimization and Implementation of Multi-Computer Cooperative Algorithm in a Specific Virtual Operation Environment

JIANG Chengwei, KANG Xingwu, WANG Xuping, CHEN Junkang

(Academy of Operational Support, Rocket Force University of Engineering, Xi'an 710025, China)

Abstract: In view of the special circumstances of large scale complex weapon and equipment cooperative operation in the same time and space, this paper carries out the research on multi computer cooperative operation under the specific virtual operation environment of LAN. The paper constructs the LAN environment by Unity3D/network technology based on component network algorithm module built a good package by the optimization of join counter and control script call algorithm, reducing the collaborative process of multiple machines from the server to the client network delay. The results show that the optimization algorithm is better than the network module built-in encapsulation algorithm, and is fully satisfied with the multi computer cooperative operation under condition of specific virtual operation environment.

Key words: network; count; multi computer collaboration; virtual simulation

因军事背景的特殊要求,我军的大型复杂武器装备的虚拟仿真操作都是在内部安全网络的基础上来实现的,而且武器装备的复杂程度也要求数名操作人员协同配合进行,这就为多机协同技术提出了具体的要求:在内部局域网下进行虚拟操作多机协同、提高

大型复杂装备的模型渲染和减少服务器到客户端的网络延迟。Unity3D 作为一个虚拟仿真环境的开发平台,功能强大并且操作简单,在军事领域的虚拟仿真系统开发中应用甚广^[1-2],其内置的 network 模块,基本都被用于局域网环境下的多机协同系统开

收稿日期: 2018-04-17

基金项目: 国家自然科学基金(51502341)

作者简介: 蒋成伟(1995—),男,陕西绥德人,硕士生,主要从事导弹武器系统应用与保障工程研究。E-mail:641961261@qq.com

引用格式: 蒋成伟,康兴无,王旭平,等.特定虚拟操作环境下多机协同算法优化及实现[J].空军工程大学学报(自然科学版),2019,20(1):26-31. JIANG Chengwei, KANG Xingwu, WANG Xuping, et al. Optimization and Implementation of Multi-Computer Cooperative Algorithm in a Specific Virtual Operation Environment[J]. Journal of Air Force Engineering University (Natural Science Edition), 2019, 20(1): 26-31.

发^[3-5]。Unity3D/network 技术在军事领域有着相当深厚的应用基础和实践经验^[6-8],所以在 Unity3D 平台之上进行算法的优化有着更好的应用价值。

1 network 模块研究

1.1 network 模块的封装组件

network 模块通过封装组件的功能进行多机协同的实现,主要有 network manager 组件、network managerHUD 组件、network identity 组件、network transform 组件,通过组件的功能组合,实现局域网环境下的多机协同功能。图 1 表示局域网下多机协同的网络图及 network 模块主要组件功能组成。服务器和客户端之间的通信都是 C/S 结构的通信模式,network 模块的各组件是整个系统的核心部分。

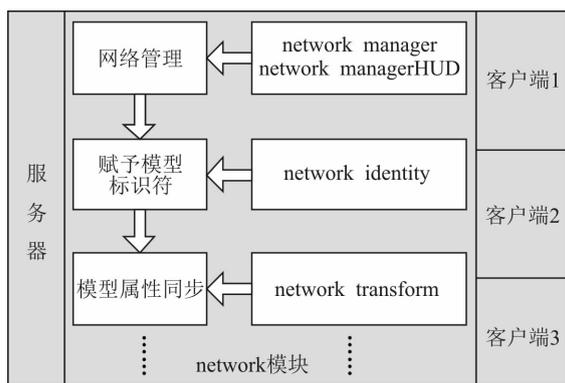


图 1 多机协同网络的功能组成

1.2 network 模块组网过程的关键问题

network 模块封装的组件都具有特定的功能,相互组合使用具有很高的灵活性,但封装组件的算法也存在一定的弊端,如数据的传输效率在某些特定环境下存在较低的状态,这就导致了模型的渲染不流畅和服务器到客户端的网络延迟现象等,都严重影响了多机协同系统的整体性能。因此对 network 模块封装的算法进行研究改进显得非常重要。

多机协同过程中首要解决的问题就是如何提高数据的传输效率^[9-12],传输效率的高低是衡量系统性能好坏的重要指标之一。因为武器装备的复杂程度很高,且武器装备的零部件众多,因此系统运行过程中模型的渲染是否流畅、客户端的网络延迟是否满足要求都影响着操作人员的直观体验和感受^[13-14]。所以改进算法的目的就是提高系统运行过程中的数据传输效率。

2 算法优化思想

在导弹武器装备虚拟操作保密安全和实际操作

同时空的条件背景下,进行内部局域网环境下的多机协同虚拟操作研究,局域网环境下最主要的特点就是可以将武器装备的模型置于每台客户端计算机之上,避免因模型属性更新后数据从服务器全部传输到客户端,而导致的大部分不必要的数据也参与进来,进而增大系统运行过程中客户端的网络延迟。同时,导弹装备多号手协同操作的操作规程基本属于串并行模式共有,但大部分属于串行模式,即单号手在得到指挥号手操作指令后方可进行操作行为。所以为了简化系统功能实现,并且在不影响多机协同操作的实际效果的情况下,尽可能避免并行操作模式下极易产生的并发冲突问题,本系统的操作规程统一简化为各号手串行模式下的操作行为。除算法的主要思想和改进之处,就是在每台客户端内置了模型数据的基础之上,赋予每个操作人员的具体操作动作一个计数器,通过计数器判断操作步骤进行到哪一步,将操作内容通过指令发送给对应的客户端,客户端的操作同步到服务器,再同步到其他客户端。在局域网中只更新被操作的基础模型,相当于一个指令触发了需要操作的几台计算机的相同动作,而其他模型组数据不需要发生更新。以某型导弹武器装备具体操作规范需要 3 名操作号手协同配合为背景下的算法流程见图 2。

由于导弹装备多号手协同操作的操作规程被简化为串行模式,号手之间的操作顺序必有先后,不可能在同一时间、不同号手同时操作一个模型,否则极易产生系统运行中的并发冲突问题,导致系统崩溃等现象出现,而优化算法下的设计目的之一就是避免并行操作下产生的并发冲突问题。所以为了有效提高数据的传输效率,减少网络中冗余数据的传输,以及避免多机协同设计下的并发冲突问题。文章在 network 模块内置 transform 组件封装算法同步功能的基础上加入了计数器,下面针对 3 个多机协同步骤对计数器在二维坐标中的状态(见图 3)和具体运行方式作进一步说明:

1)计数器的初始值设为-1,当 3 个号手都登陆客户端以后,计数器加 1 变为 0,系统作出提示:1 号手准备操作。标志多机协同操作开始。

2)1 号手操作完成后,系统作出提示:1 号手完成操作。此时,计数器加 1 变为 1,系统发送指令给 2 号手,2 号手准备操作。

3)2 号手操作完成后,系统作出提示:2 号手完成操作。此时,计数器加 1 变为 2,系统发送指令给 3 号手,3 号手准备操作。

4)所有操作结束后,计数器加 1,调用相应指令,系统提示:完成协同操作。

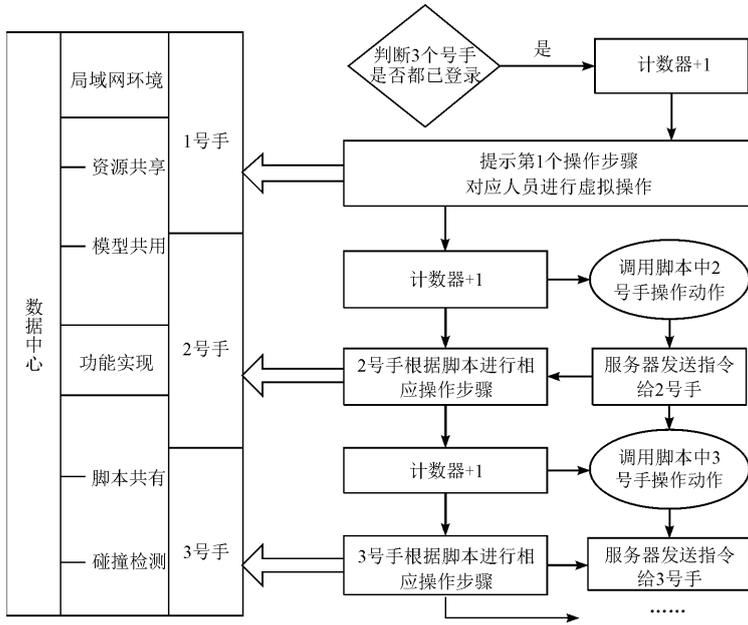


图2 算法流程图

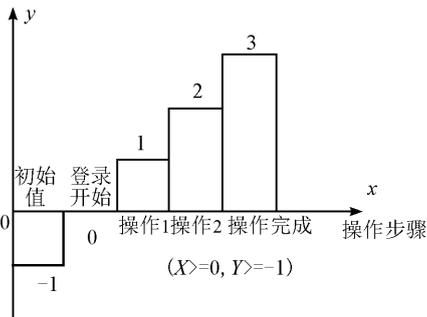


图3 计数器状态图

综上所述,本文提出的算法具有如下3个特点,前2个是基础条件:①资源共享。所有数据同时存在于服务器和客户端;②模型共用。武器装备模型置于每台计算机上;③脚本共有。计数器脚本和号手控制脚本所有号手共有。

3 算法实现

第2节已经对计数器 count 的功能和运行方式进行了具体分析, count 的实际加入并不难,但 count 单独作用起不到发送指令,控制操作号手的效果, count 必须同控制脚本 control 和 network 模块的相关组件确定逻辑关系,才能实现算法的优化。

3.1 count 计数器实现

首先分析 count 的目的, count 的最主要功能是发送指令,通知所有号手协同操作进行到哪一步,需要哪个号手进行操作。所以计数器的数值对应着不同的指令,指令如下所示:

```
if (count == 1)
{ShowMsg("1号手完成第1步操作");
```

```
ShowMsg("2号手准备第2步操作");}
if (count == 2)
{ShowMsg("2号手完成第2步操作");
ShowMsg("3号手准备第3步操作");}
if (count == 3)
{ShowMsg("3号手完成第3步操作");
ShowMsg("完成协同操作");}
```

同时计数器必须和 network 模块组件结合起来,判断操作的顺序和操作的人员,并将计数信息同步到服务器,操作完1个步骤计数1次。相应的代码实现为:

```
//同步操作计数信息,用于判断操作的
//顺序和操作的人员
[SyncVar(hook = "AddCount")]
public int count;
//操作完1个计数1次
[Command]
public void CmdAddCount(int add)
{ add++;
count = add;
showFinshMsg();}
```

将上下2段代码按逻辑结合起来,就具备了使用计数器发送指令的功能。计数器是整个算法的基础,计数器的具体使用通过 control 控制脚本来调用。

3.2 control 控制脚本

通过计数器发送指令后,对应操作号手需要进行具体操作,操作的对象根据具体的操作规范进行确定,是否对正确的模型进行操作是通过碰撞检测来验证的。具体的实现步骤流程见图4。

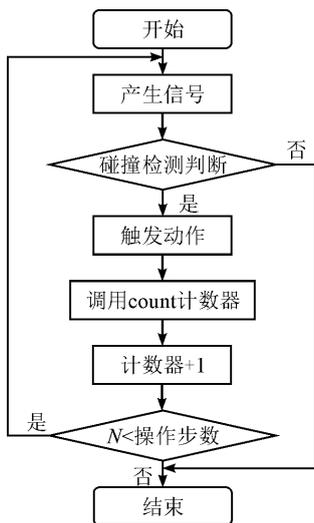


图 4 control 执行流程图

控制脚本 control 中通过调用 count 计数器来确定发生碰撞检测的模型是否是规定好的模型,将计数器的指令功能赋予了实际的操作内容。Control 的作用相当于中间媒介,它既调用 count 计数器,也与 network 组件紧密相连,同时还控制着操作号手的行为。

3.3 count 和 control 的实际结合

count 和 control 的单一实现通过 VS 即可编写调试,但是具体的功能应用需要在 network 模块上

进行。此时, network 起到了主平台的作用,在第 1 节中已经对 network 模块各组件的功能进行了详细研究,在 network 模块各组件添加以后,首先在装备模型信息栏中添加计数器 count,并且将 count 的初始值设置为 -1。而 control 通过调用 count 来实现具体操作,所以将 control 控制脚本固定至每个号手 player,这样才能保证 count 的值发生变化时可以发送指令给每个号手。此时,服务器内部同步的数据只是 count 计数器的数值与对应指令,不存在模型数据的传输。

实际结合以具体某型号导弹武器装备为例,其尾部模型协同操作需要 3 名操作号手配合进行,共有 12 个大步骤,每个大步骤至少需要 3 名号手各操作 1 次。第 1 个步骤下,根据流程实现 network 模块组件添加和计数器 count 设置以后,在 player(号手)的模块中添加 player_control 脚本,根据模型的操作规范 3 个号手分别操作 1 个基础模型,那么将 player_control 控制脚本下的 Size 设为 3,element 0 即表示计数器为 0 的时候对应的操作号手 player_1 需要对基础模型 A_001 进行的操作,剩下的步骤以此类推。图 5 为 control 与 count、element、player 的控制逻辑。图 6 为 count 与 control 实际结合过程中的参数设置。

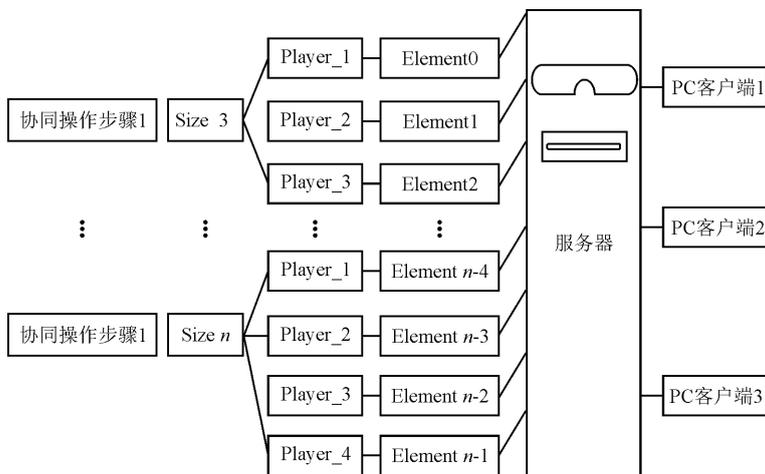


图 5 控制逻辑



图 6 多机协同算法参数设置

4 仿真实验及分析

4.1 仿真实验

本文提出的优化算法较 network 封装好的算法相比,加入了计数器,并且使模型和操作步骤同步的方式发生了一定变化,减少了冗余模型数据的传输。下面以某型复杂装备的模型为例进行具体仿真对比。分别对 32 个基础模型的对接车、105 个基础模型的装备导引部分、186 个基础模型的装备尾部、352 个基础模型的整体装备进行仿真实验,在优化算法和原封装算法下检测模型同步过程中服务器到客户端的网络延迟。4 个模型组在同配置计算机上进行 100 次仿真实验,取平均值作为仿真结果,见表 1。

表 1 仿真结果

模型组	32	105	186	352
原算法延迟/ms	52	75	121	230
优化算法延迟/ms	43	50	57	64

从图 7 可以看出,当模型组的数量相对较少的时候,将模型置于服务器,然后进行同步更新与将模型置于每台计算机,通过计数器发送指令同步更新相比,服务器到客户端的网络延迟相差较小,但优化算法仍处于一个较小的网络延迟数值。而当模型组的数量由 32 变为 352 后,封装算法同优化算法的差距就更加明显,加入计数器的优化算法的网络延迟同低模型数量时的网络延迟增加不是很大,而原封装算法的网络延迟则增加了约 4 倍。

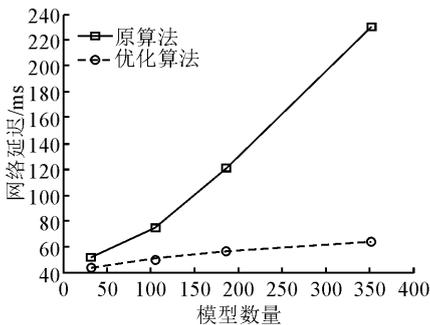


图 7 仿真结果比较

4.2 算法分析

和其他的开发以及仿真平台相比,Unity3D 的优点就在于局域网环境下的联机操作,其内置很多模块以及封装算法^[15-18]。但是作为局域网下的联机游戏的开发,不等同于装备模型的仿真。仿真模型的结构复杂、数量众多,从服务器到客户端需要一个数据传输的发送过程。而对于武器装备多机协同仿真来说,保证最少的网络延迟和模型的实时渲染,

才能满足使用客户的使用体验,达到对武器装备虚拟协同操作的理想效果。本文在此方面进行了积极深入的研究,对算法进行了优化、重建、实现。优化算法的特点有:①数据传输效率高;②算法优化简单,容易实现;③算法减少了冗余数据的占用;④算法符合军事装备多机协同操作的发展思路^[19]。

减少服务器到客户端的网络延迟和提高客户端的实时渲染能力,对提高多机协同良好体验起到关键作用。从仿真分析的结果可以看出,当模型数量较小,模型结构较为简单的情况下,优化算法的优势并不大,但当模型数量级增大以后,优化算法就展现了良好数据传输效率。所以对算法的选择可以根据模型的数量进行决定。本文虽然对原封装算法进行了一定程度的改进,但是在局域网这个特定环境下算法的优化仍然有很大的改进空间,如:

1) 协同操作同步过程中的网络流量可以进一步简化减少;

2) 根据装备操作号手、操作对象、操作行为都是固定模式的实际情况,可在计数器的实现之上进行基于历史信息的算法优化^[20]。

5 结语

本文在详细研究局域网环境下多机协同算法的基础上,对原封装算法进行了优化。通过计数器的加入、控制脚本的配合,实现了算法的优化,达到了算法改进的目的,使得在局域网环境下的多机协同中服务器到客户端的网络延迟大大减少。并且通过仿真实验对优化算法的数据传输效率进行了验证,结果证明:优化算法具备一定的可行性,可以适用于军事武器装备的虚拟多机协同操作,基本能满足复杂模型下的数据传输。

参考文献(References):

- [1] 栾飞. 基于 Unity3D 的液压传动虚拟仿真教学系统开发[D]. 济南:山东建筑大学,2015.
LUAN F. Development of Virtual Simulation Teaching System for Hydraulic Transmission Based on Unity3D [D]. Ji'nan: Shandong University of Architecture and Technology, 2015. (in Chinese)
- [2] 杨壹斌,李敏,解鸿文. 基于 Unity3D 的桌面式虚拟维修训练系统[J]. 计算机应用,2016,36(S2):3.
YANG Y B, LI M, XIE H W. Solutions of Desktop Virtual Maintenance Training System Based on Unity3D[J]. Journal of the Application of Computer, 2016,36(S2):3. (in Chinese)
- [3] 陈俊峰. 基于 Unity3D 的跨平台手机网络游戏的研究与实现[D]. 广州:中山大学,2013.

- CHEN J F. Research and Implementation of Unity3D Based on Cross Platform Mobile Phone Network Games [D]. Guangzhou: Zhongshan University, 2013. (in Chinese)
- [4] 冯雅清. 维修拆装过程协同工作平台研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2014.
- FENG Y Q. Research on Collaborative Work Platform for Maintenance and Disassembly Process [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2014. (in Chinese)
- [5] 黄鹏. 基于 Unity3D 的分布式协同虚拟装配仿真研究及实现[D]. 湘潭:湘潭大学, 2017.
- HUANG P. Research and Implementation of Distributed Collaborative Virtual Assembly Simulation Based on Unity3D [D]. Xiangtan: Xiangtan University, 2017. (in Chinese)
- [6] 陈学文, 刘玉庆, 朱秀庆. 航天员太空协同操作虚拟训练仿真系统研究[J]. 系统仿真学报, 2013, 25(10): 2348-2352.
- CHEN X W, LIU Y Q, ZHU X Q. Research on Virtual Training Simulation System for Space Cooperative Operation of Astronauts[J]. Journal of System Simulation, 2013, 25(10): 2348-2352. (in Chinese)
- [7] 冯善达. 分布式炮兵虚拟现实训练系统关键技术研究[D]. 南京:南京理工大学, 2007.
- FENG S D. Research on Key Technologies of Distributed Artillery Virtual Reality Training System [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2007. (in Chinese)
- [8] 唐超. 分布式航空兵作战仿真系统的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
- TANG C. Research on Distributed Aviation Combat Simulation System [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2011. (in Chinese)
- [9] 张亚崇, 孙国基, 严海蓉, 等. 分布式交互仿真中一种新的数据分发管理算法的研究[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(1): 91-94.
- ZHANG Y C, SUN G J, YAN H R, et al. Research on a New Data Distribution Management Algorithm in Distributed Interactive Simulation[J]. Journal of System Simulation, 2005, 17(1): 91-94. (in Chinese)
- [10] 陆俊峰. 高层体系结构中数据过滤技术的研究与应用[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学, 2005.
- LU J F. Research and Application of Data Filtering Technology in High-level Architecture [D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2005. (in Chinese)
- [11] 姚益平, 张颖星, 陈欣, 等. 基于索引排序的快速动态区域匹配算法[J]. 计算机学报, 2009, 32(7): 1375-1380.
- YAO Y P, ZHANG Y X, CHEN X, et al. Fast Dynamic Region Matching Algorithm Based on Index Sorting[J]. Journal of Computers, 2009, 32(7): 1375-1380. (in Chinese)
- [12] 王卓, 冯晓宁, 刘廷宝. DDM 中基于历史信息排序的区域匹配算法[J]. 计算机科学, 2011, 38(10): 202-204.
- WANG Z, FENG X Z, LIU T B. Region Matching Algorithm Based on Historical Information Sorting in DDM[J]. Journal of Computer Science, 2011, 38(10): 202-204. (in Chinese)
- [13] 彭帅, 李冬梅, 李朝晖. 基于 PC 集群的三维图形并行渲染性能分析[J]. 计算机应用, 2010, 30(2): 547-550.
- PENG S, LI D M, LI Z H. Performance Analysis of 3D Graphics Parallel Rendering Based on PC Cluster [J]. Journal of Computer Applications, 2010, 30(2): 547-550. (in Chinese)
- [14] 韦乃琨. 面向复杂产品的分布式协同虚拟装配关键技术研究[D]. 上海:上海交通大学, 2008.
- WEI N K. Research on Key Technology of Collaborative Virtual Assembly Oriented Distributed Complex Products[D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2008. (in Chinese)
- [15] 戴忠健, 侯朝桢. 基于 HLA 的分布式交互仿真系统的开发实例[J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(1): 105-109.
- DAI Z J, HOU C Z. Development of Distributed Interactive Simulation System Based on HLA[J]. Journal of Systems Engineering-Theory & Practice, 2005, 25(1): 105-109. (in Chinese)
- [16] 王乐. 基于 VIRTOOLS 的分布式 VR 的网络技术研究[D]. 武汉:武汉理工大学, 2006.
- WANG L. Research on Network Technology of Distributed VR Based on VIRTOOLS[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2006. (in Chinese)
- [17] 焦东波. 基于 HLA 的火箭发射一体化仿真训练系统研究与实现[D]. 西安:西安电子科技大学, 2014.
- JIAO D B. Research and Implementation of HLA-based Rocket Launch Integrated Simulation Training System [D]. Xi'an: Xidian University, 2014. (in Chinese)
- [18] 翟海波. 面向飞机协同设计的 DDS 技术研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2014.
- ZHAI H B. Research on DDS Technology for Aircraft Collaborative Design [D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2014. (in Chinese)
- [19] 徐廷学, 赵建忠, 余仁波, 等. 基于 HLA 的导弹装备一体化维修保障仿真系统设计与实现[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(3): 802-807.
- XU T X, ZHAO J Z, YU R B, et al. Design and Implementation of Integrated Maintenance Support Simulation System for Missile Equipment Based on HLA [J]. Journal of Systems Engineering - Theory & Practice, 2013, 33(3): 802-807. (in Chinese)
- [20] 刘廷宝. HLA 基于历史信息排序的数据分发机制研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学, 2010.
- LIU T B. Research on HLA Based on Historical Information Sorting Data Distribution Mechanism [D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2010. (in Chinese)