

空战战术 仿真技术与设计

KONGZHAN ZHANSHU FANGZHEN
JISHU YU SHEJI

黄安祥 等编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

空战战术仿真技术与设计

黄安祥 等编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

空战战术仿真技术与设计是集军事、系统仿真、计算机、自动控制、航空、电磁环境、作战指挥等多种学科为一体的复杂系统工程。本书结合上述多种学科从工程设计的观点和思路出发,对空战战术仿真系统的总体设计、导调控制、战术研讨与评估、飞行仿真、火控与导弹仿真、电磁环境与电抗仿真、指挥仿真、视景仿真、分布式解算控制等关键技术做了较为深入系统的论述,列举了工程设计中出现的问题并给出了相应的解决方法。

本书的编写注重理论与实践的结合,具有较强的工程背景及空战战术理论基础,具有多学科综合应用的特点,对从事战术级仿真系统设计、研制、开发与应用的广大工程技术人员和科研人员具有重要的参考价值,同时也可作为高等院校有关专业研究生教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

空战战术仿真技术与设计 / 黄安祥等编著. —北京:
国防工业出版社, 2014. 7

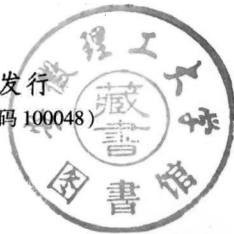
ISBN 978 - 7 - 118 - 09639 - 2

I. ①空… II. ①黄… III. ①空战 - 战术 - 仿真系统
- 系统设计 IV. ①E824

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 208541 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
腾飞印务有限公司印刷
新华书店经售



*

开本 787 × 1092 1/16 印张 15 1/4 字数 351 千字
2014 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 68.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

本书编委会

主 编 黄安祥

编 者 冯晓文 叶培华 李劲松 雷 祥

高申玉 周润泽 孙佰刚 黄云洋

序

系统仿真,是认识世界的第三种有效途径,对于战争这种非常复杂又极其特殊的事物,具有更加特殊的意义。随着军事科技和网络信息技术的飞速发展,作战仿真日渐成为高技术条件下促进部队建设,提高信息化作战指挥、战术对抗能力的重要环节,为部队作战训练开辟了新的途径。空战战术级作战仿真系统为指挥班子、飞行员以及研究人员深入开展空战战术创新研究、强化综合战斗科目训练和战术指挥对抗训练、提高信息化战术素养提供了功能全面的操作验证平台,对提高部队战斗力具有重要的现实意义。本书全面阐述了空战战术仿真技术与设计要点,对空战战术级作战仿真系统的构建、发展与应用起到积极的指导、示范和推动作用。

本书作者多年从事作战仿真研究工作,根据自己的科研经验总结撰写成该书。全书从工程设计的观点和思路出发,对空战战术仿真系统的总体设计、导调控制、战术研讨与评估、飞行仿真、火控与导弹仿真、电磁环境与电抗仿真、指挥仿真、视景仿真、分布式解算控制等关键技术做了较为深入系统的论述,列举了工程设计中出现的问题并给出了相应的解决方法,对从事空战仿真系统设计、研制、开发与应用的广大工程技术人员和科研人员而言,具有很好的指导作用。

本书将各种仿真技术论述与空战仿真系统工程应用紧密结合,信息量丰富,内容比较全面,在国内是第一本综合论述空战战术仿真技术的科技图书,具有新颖性和实用性,学术水平较高,对广大系统仿真科研和教学领域的多方面人士都将具有很好的学习参考与应用价值。

中国科学院院士



2014年2月19日

前 言

近年来,高新技术的飞速发展以及在武器装备中的广泛应用,对空军这样典型的技术密集形军种产生了巨大的影响。空战模拟训练日渐成为高技术条件下促进部队建设、强化部队战斗力的重要环节,为现代化部队的作战训练开辟了新的途径,产生了显著的军事效益和经济效益。

空战战术级仿真技术与设计是集军事、系统仿真、计算机、自动控制、航空、电磁环境、作战指挥等多种学科为一体的复杂系统工程。本书从工程设计的观点和思路出发,对空战战术仿真系统的总体设计、导调控制、战术研讨与评估、飞行仿真、火控与导弹仿真、电磁环境与电抗仿真、指挥仿真、视景仿真、分布式解算控制等关键技术做了较为深入系统的论述,列举了工程设计中出现的问题并给出了相应的解决方法。本书的编写注重理论与实践的结合,力求对空战仿真系统的构建、发展与应用起到积极的指导、示范和推动作用,进而促进空战仿真系统的应用和发展。

全书共包括9章。第1章介绍国内外空战仿真系统发展现状,以及对部队战斗力建设和未来真实作战的现实意义,并对系统仿真的概念及空战仿真技术的发展概况进行了简要介绍。第2章全面分析战术级作战仿真系统的作用及需求,提出一种空战战术级作战仿真系统的总体设计思路与系统构成,论述了软硬件划分和主要分系统的技术特点;第3章重点论述军机飞行系统的数学模型,介绍几种主要军机机型变化时的飞行参数特点,归纳一些调试过程中常用的调试方法。第4章论述空战仿真系统中火控与导弹仿真模型的构建及相关算法。第5章论述空战仿真系统中电磁环境与电抗仿真系统的构成,研究无线电雷达仿真建模、红外辐射搜索建模,以及电磁干扰仿真建模,介绍电子对抗机载设备雷达全向告警器、有源干扰吊舱、箔条投放器和红外投放器等仿真数学模型。第6章主要论述指挥仿真系统的构成,以及人机交互、语音指挥和数据链指挥仿真技术,介绍多分辨率聚合解聚技术在战役级、战术级和武器平台级仿真中的应用。第7章论述空战战术仿真导控系统的构建,介绍空战战术综合评估方法。第8章阐述视景仿真技术,对实像显示技术、虚像显示技术、立体显示技术、多通道融合技术等各种显示方案性能进行了比较,介绍视景仿真的数学变换模型,描述战场仿真环境的总体布局和构建流程。第9章论述仿真系统中局域网分布式解算控制技术,分析以太网、实时反射内存网及现场总线技术的实时性,简述HLA实时通信网络的应用方法。

本书结合作者20多年来作为主要研制人员参加10余项作战仿真系统的工程设计经验,并参阅大量相关科技文献和相关教材撰写而成。由于作者水平有限,书中难免有错误或不妥之处,敬请广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 空战作战仿真系统发展现状	2
1.3 战术仿真技术现状	3
1.3.1 战术仿真器主要技术现状	4
1.3.2 仿真综合集成环境	8
1.3.3 分布交互仿真技术	9
1.3.4 仿真试验的聚合解聚技术	13
1.3.5 作战评估技术	14
1.3.6 建模与验模的 VV&A 过程和技术	15
1.4 战术仿真技术发展趋势	15
1.4.1 基于云计算平台的新型体系结构	15
1.4.2 数字地球技术	15
1.4.3 兵棋推演技术	16
1.4.4 指挥控制——以赛博空间为主导	17
1.4.5 信息仿真	17
1.4.6 无人机作战仿真	17
1.5 本书主要内容	18
第 2 章 战术仿真系统总体设计	19
2.1 引言	19
2.2 战术仿真军事需求分析	19
2.2.1 战术研究训练内容及任务	19
2.2.2 战术仿真系统的任务与功能需求	20
2.2.3 战术级仿真系统顶层设计的主要技术要求	21
2.3 系统总体构建	24
2.3.1 系统总体结构构建	25
2.3.2 系统硬件结构构建	25
2.3.3 系统软件结构构建	28
2.4 军机仿真系统技术	31
2.4.1 全任务型仿真系统	31
2.4.2 任务型仿真系统	31
2.4.3 对手型仿真系统	32

2.5	空战战术仿真评估系统	32
2.5.1	空战战术仿真评估需求	32
2.5.2	空战战术仿真评估系统构成	33
2.6	自然环境仿真系统的综合评估	34
2.6.1	自然环境仿真的一些问题	34
2.6.2	自然环境仿真的指标式体系	35
2.6.3	自然环境仿真的评估方法	35
2.7	解算能力估算	36
第3章	航空飞行仿真的建模与调试	38
3.1	引言	38
3.2	飞行系统的主要交联关系和构成	38
3.3	飞行系统的建模	40
3.3.1	建模的指导思想	40
3.3.2	建模的方法	40
3.3.3	简化假定	41
3.3.4	坐标系	42
3.3.5	气动力和气动力矩	44
3.3.6	气动力和气动力矩	46
3.4	飞行方程模型的调试	50
3.5	常见气动布局军机的气动特点	51
第4章	火控与导弹仿真技术	53
4.1	引言	53
4.2	火控仿真的构建	53
4.2.1	空空火控仿真的内容	53
4.2.2	空地火控仿真的内容	55
4.2.3	火控系统与其他系统的交联关系	56
4.3	导弹仿真模型	57
4.3.1	导弹弹体动力学模型的建立	58
4.3.2	导弹弹体运动学模型	60
4.3.3	动力学与运动学其他关系方程的建立	61
4.3.4	动力学与运动学方程组及有关说明	61
4.3.5	仿真方法及步长的选取	63
4.3.6	导弹制导与控制系统模型的建立	65
4.4	目标威胁等级排序	67
4.4.1	优势函数法	67
4.4.2	威胁因子法	68
4.5	导弹攻击区	69
4.5.1	多元逐步回归逼近法	70
4.5.2	表格函数插值法	79

4.5.3	模糊神经网络逼近法	79
第5章	电磁环境与电抗仿真	81
5.1	引言	81
5.2	现实世界的电磁环境	81
5.2.1	自然干扰源形成的电磁环境	81
5.2.2	人为干扰源形成的电磁环境	83
5.2.3	电子战设备举例	83
5.3	电磁环境仿真的系统构建	85
5.3.1	军机电磁设备的相互关系	85
5.3.2	战场的信号环境	86
5.3.3	电子对抗系统建模	88
5.4	RCS 仿真建模	89
5.4.1	RCS 仿真建模概述	89
5.4.2	全方位 RCS 值估算模型建模	89
5.5	雷达仿真建模	90
5.5.1	视距判断模块	90
5.5.2	目标回波功率计算模块	90
5.5.3	接收机噪声计算模块	91
5.5.4	是否发现目标判断模块	91
5.5.5	确认发现目标模块	91
5.5.6	雷达天线功能仿真模型	92
5.6	雷达全向告警器模型	92
5.7	有源干扰吊舱模型	93
5.7.1	干扰有效条件模型	93
5.7.2	各种体制威胁雷达的干扰效果模型	96
5.7.3	各种干扰样式的应用模型	97
5.8	箔条投放器模型	98
5.8.1	干扰有效条件模型	98
5.8.2	箔条的运动方程	101
5.9	目标红外辐射及传输模型	102
5.9.1	目标红外辐射模型	102
5.9.2	大气红外传输模型	103
5.9.3	目标隐身判定条件	105
5.10	红外投放器模型	105
5.10.1	干扰有效条件模型	105
5.10.2	红外弹相对于导弹跟踪区条件	106
5.10.3	运动模型	106
第6章	指挥仿真技术	107
6.1	引言	107

6.2	指挥仿真的构成	107
6.2.1	指挥组织仿真	108
6.2.2	指挥控制仿真	112
6.3	指挥仿真人机交互	116
6.3.1	人机界面构成	117
6.3.2	作战态势显示	117
6.3.3	人机干预	119
6.4	语音指挥仿真	121
6.4.1	问题的提出	122
6.4.2	语音识别技术的基础	122
6.4.3	语音指挥系统的仿真设计	123
6.5	数据链指挥	126
6.5.1	数据链简介	126
6.5.2	数据链的发展与应用	127
6.5.3	数据链系统结构	130
6.5.4	数据链主要功能与作用	131
6.5.5	数据链指挥模式与仿真	134
6.6	多分辨率技术	138
6.6.1	多分辨率建模的相关概念	138
6.6.2	多分辨率建模的方法	140
6.6.3	多分辨率建模的一致性问题的	145
第7章	空战战术仿真导控技术	149
7.1	引言	149
7.2	空战战术仿真导控系统概述	149
7.2.1	空战战术仿真导控系统的概念	149
7.2.2	空战战术仿真导控系统的功能	149
7.2.3	空战战术仿真导控系统的作用	150
7.3	空战战术仿真导调	151
7.3.1	导调系统结构设计	151
7.3.2	导调系统功能设计	151
7.3.3	导调系统与外部的软件关系	154
7.4	空战战术仿真态势显示	157
7.4.1	态势显示概述	157
7.4.2	态势显示的数据处理	160
7.4.3	态势显示的数据传输	161
7.4.4	态势显示的数据流程	164
7.5	空战战术仿真评估	167
7.5.1	空战战术仿真评估的基本过程	168
7.5.2	空战战术仿真评估的指标体系分析与设计	169

7.5.3	空战战术仿真评估方法	175
第8章	视景仿真技术	178
8.1	引言	178
8.2	影响视景效果的重要指标	178
8.2.1	视场	178
8.2.2	分辨率	179
8.2.3	亮度	179
8.2.4	图像对比度	180
8.2.5	图像对比度彩色、浓淡和能见度	180
8.2.6	刷新率与更新率	180
8.3	主要显示技术	181
8.3.1	实像显示技术	181
8.3.2	虚像显示技术	183
8.3.3	立体显示技术	186
8.3.4	多通道融合技术	188
8.3.5	显示方案性能比较	190
8.4	视景基础数学模型	191
8.4.1	基本坐标转换关系	191
8.4.2	立体视景的数学模型	192
8.5	视景环境生成与要求	198
8.5.1	视景环境的总体布局	198
8.5.2	视景环境的生成与建模	199
8.5.3	战场环境仿真系统需求分析	202
第9章	分布式解算控制技术	208
9.1	引言	208
9.2	局域网分布实时仿真的实时性	209
9.2.1	计算实时性	209
9.2.2	通信实时性	209
9.2.3	调度实时性	210
9.3	局域网体系结构及协议	210
9.3.1	计算机网络标准体系结构	210
9.3.2	仿真系统设计中的相关局域网技术	212
9.3.3	LAN 以太网在仿真系统应用中的优缺点	216
9.3.4	LAN 以太网通信延迟分析	217
9.4	实时通信网络	220
9.4.1	实时反射内存网	220
9.4.2	实时反射内存网 SCRAMNeT + 基本原理	220
9.4.3	实时反射内存网 SCRAMNeT + 性能分析	222
9.5	现场总线通信及在仿真系统中的应用	223

9.5.1	现场总线的特点	223
9.5.2	当前流行的现场总线	223
9.5.3	现场总线在仿真系统中的应用	225
9.5.4	现场总线的实时性分析	225
9.6	混合实时通信网络	228
9.6.1	混合实时通信网络的构建	228
9.6.2	系统延时分析研究	228
9.7	HLA 网络结构的构建与实时性分析	230
9.7.1	空战级 HLA 构建的难点	230
9.7.2	空战级 HLA 构建	231
9.7.3	RTI 软件结构模型	232
9.7.4	RTI 软件逻辑结构	232
9.7.5	HLA 结构实时性设计与分析	232
参考文献		235

第1章 绪 论

1.1 引 言

随着信息化战争形态的不断演进,高技术、新概念武器层出不穷,战争模式发生了重大变化,具体体现在技术和主战装备上升到信息火力一体化、力量结构和编成进入到空天系统集成型,以及空军作战理论研究重点在远程精确打击和空天一体协同方面。新的作战理论、新的装备、新的战略战术,使战争形态变化极其迅速,武器装备和战争参与者在战争中的效能如何体现以及效果如何,成为一个首要问题。过去的那种“从战争中学习战争”“从历史中学习战争”的基本方法,已难以适应新军事的需要。模拟仿真,被认为是认识世界的第三种有效途径,对于战争这种非常复杂又极其特殊的事物,更是具有特殊的意义。利用战争模拟技术创造出来的“虚拟实践”方法,可以使人们彻底改变以往研究军事问题的方法。我们可以学会“从实验室中学习战争”“从未来(的战争环境)中学习战争”,而这个“未来”正是通过战争模拟系统在战争实验室中创造出来的。通过战争实验室,反复实验某个军事理论,研究某一个战争问题,验证某种武器装备体系的作用,甚至去完整地“经历”一场战争,在现在都已经成为可能。战争从战略、战役到战术是一种全方面综合能力的对抗,空军尤其如此。现代战争中,信息化的应用使空战对抗变得更为复杂。为提高飞行员的对抗作战能力,提高其在复杂危险环境下的心理素质,需要开发空战战术级对抗型仿真系统。

未来空战是空军武器装备体系与体系之间的对抗,军机对抗仿真训练系统是各种航空兵作战实验室的基础,也是根据相似性原理,利用模型代替真实装备进行仿真训练的一种设备。在现代仿真实理论和仿真技术强力支持下,可以在现代高技术仿真的复杂战场环境条件下,进行无危险或无损伤的仿真对抗训练,进行作战行动预演和现代作战理论、作战原则、作战方式的战法研究,这种训练与研究对保证安全、提高部队战斗力极具现实意义。据美军统计,从未参加过实战的飞行员,在首次执行任务时生存的概率只有 60%,经过计算机模拟对抗训练后,生存的概率可以提高到 90%。所以,研究和研制军机对抗仿真训练系统具有非常重要的意义。

空战战术理论的研究与创新,以及新机型新战法的高难度训练,都需要借助仿真环境的强力支撑,因此,体系作战仿真已成为高技术条件下加快空军战斗力生成模式转变的重要手段。

空中作战具有对抗激烈、态势变化迅速、战术运用灵活等重要特性,其作战模拟训练设备按规模可以分为战役级、战术级、作战平台级及精确武器级仿真平台,各级既有独特的任务和功能,又可以联为一体,构建成规模更大的体系训练平台。战术级仿真系统起着上下层衔接的核心作用,是作战仿真系统中关注最多的一级系统,战术级仿真系统的研究

对作战仿真技术发展起着非常重要的意义。

1.2 空战作战仿真系统发展现状

美国是世界上最早开展模拟训练研究和应用的国家,其技术和装备一直居国际领先地位,长期以来,投入了大量的经费进行仿真建模和训练模拟装备的研制开发工作。20世纪80年代末,美军开始将计算机作战训练模拟作为军事训练的基本手段,并通过卫星联网实现大规模模拟军事演习,如代号为“S-89”的模拟演习等。从90年代起,美军把训练及作战任务模拟系统正式用于实战。例如,在海湾战争爆发前,就针对作战预案展开了为期5天的模拟作战演习,后来在战争中基本上采用了模拟过的兵力部署和军事行动,并且在计算机模拟下随时生成作战应急方案和做出快速反应。鉴于海湾战争中的成功案例,美军接着实施了更大规模的模拟军事演习计划,如“JPOW96”欧洲大型军事模拟演习和“STOW97”美国综合战区演习等,在科索沃战争中发挥了重大作用。美国空军在1996年夏就开始启动作战实验室计划,目前共组建有信息作战、空间战斗、空中远征部队、指挥控制与作战管理、部队保护、无人机和空中机动7个作战实验室,在美军近10余年来参与的几场战争中发挥了关键的无以替代的作用。著名的“红旗军演”也越来越多地采用仿真设备。例如,在军演的评估过程中,重点关注模拟的战损情况,空战训练系统允许所有训练弹与实弹的投放,每一枚模拟空空导弹发射后,空战训练系统就会记录导弹路径。系统基于导弹性能参数、发射位置与目标机相对位置,可立即计算出猎杀概率。假如猎杀概率够高,记录就显示击落,等等。仿真技术的应用提高了演习效率。

目前模拟训练系统处于领先地位的美军,近年来新开发的训练模拟装备,通常有全任务模拟器(大视场)、中距空战模拟器(中等视场)以及座舱模拟器等,组成一个多层次、多任务的模拟训练网络系统,可以同地或异地模拟多机空战和协同作战。其中以美国空军研制的F-16分布式网络训练系统为主要代表,它由2~4个模拟器(一个大视场加上多个中、小视场模拟器)构成一个主任务系统,装备在模拟训练基地,并通过网络将该基地与各地的F-16、F-15等部队的模拟器连接起来,协同训练。美国空军还打算实现“美国本土的E-3预警机操作员、F-16飞行员可以在模拟器上与部署在德国的F-15、部署在韩国的F-16飞行员协同训练”。

我国系统仿真技术和飞行训练仿真的研究与应用开展较早,经历了实物仿真、模拟仿真、数字仿真、多媒体仿真、分布式仿真、高层体系结构仿真和以云计算技术为支撑的CYBER空间作战仿真过程。图1-1描述了仿真训练器(系统)与系统仿真技术发展历程,发展速度基本与国际同步。目前已研制成功飞行模拟器、舰艇模拟器、坦克模拟器、火电机组培训仿真系统、化工过程培训仿真系统、汽车模拟器、歼击机飞行模拟器、运输机飞行模拟器、直升机飞行模拟器、飞行指挥模拟器、领航轰炸模拟器和空中加受油模拟器等多种功能的模拟器,为航空部队和地方企业提供了具有先进水平的训练模拟器材,取得了可喜的训练效益和经济效益。同时,也对分布交互仿真、虚拟现实等先进仿真技术及其应用进行了研究,开展了较大规模的复杂系统仿真,研究由单个武器平台的性能仿真发展为多武器平台在作战环境下的对抗仿真,多机种航空兵合同作战已经成为航空兵作战的基本样式。就空战战术仿真系统的发展而言,已经从最初的单一机型、单一武器向多机型、多

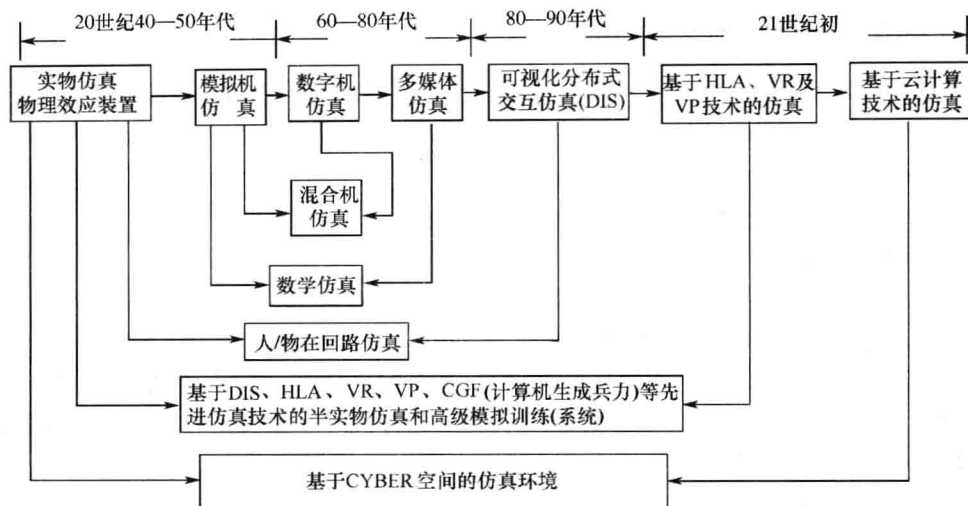


图 1-1 模拟训练器(系统)与系统仿真技术同步发展历程

武器、网络化、基地化、体系对抗和合同化的趋势发展,进行复杂环境下的战术对抗演练,提升飞行员、指挥员、保障人员的空战综合能力。

1.3 战术仿真技术现状

仿真技术应用可以追溯到20世纪40年代,由美国林克公司开发研制、用于飞行员训练的林克飞行训练器的问世成为仿真技术应用的重要标志。伴随着计算机技术的发展,仿真技术已逐步发展成一门新兴学科,即系统仿真技术。

系统仿真以专业学科理论、控制理论、相似理论、系统理论、信息处理技术、计算机技术等多种学科理论为基础,综合集成和融合了计算机、网络通信、图形图像、多媒体、软件工程、信息处理、自动控制等多个高新技术领域的知识,以计算机和其他专用物理效应设备为工具,使用系统模型对真实或假想系统进行动态实验,并借助于专家经验知识、统计数据和信息资料对实验结果进行分析,进而做出决策的一门综合性、实验性的学科和体系。

自从仿真技术与计算机技术结合以来,先后出现了模拟机仿真、混合机仿真(模拟与数字技术相结合)、数字机仿真以及数字-物理仿真(数学模型与物理效能模型相结合)。信息处理技术和网络技术的发展,实际上已经完全改变仿真的概念。将先进的仿真技术与网络技术相结合,由真实装备和计算机仿真系统综合组成仿真环境,用计算机网络把新武器系统和分散于不同地点的研制者、用户联系在一起,让用户在仿真环境中提前“使用”正在研制的武器,让研制者能提前了解武器的作战性能,使双方共同研究、发现和解决问题。这样不仅加快了武器系统的研制进度,也缩短了新武器形成战斗力的时间。

随着系统规模和复杂程度的不断提高,系统全生命周期的各个阶段越来越多地涉及不同类型和复杂的仿真建模技术。下面对系统仿真和战术仿真系统的关键技术及其研究现状作一简要综述。

1.3.1 战术仿真器主要技术现状

军机仿真训练系统有助于飞行员提供改装训练、技术提高训练、特情处置训练、综合战斗科目训练、战术训练和战术的应用研究。随着计算机技术、虚拟现实、建模技术、视景显示技术的发展,军机仿真系统的功能越来越强、逼真度越来越高,应用也越来越广泛。本节主要论述常见军机仿真关键技术的现状与发展。

1. 通用仿真软件平台技术

军机设备复杂、训练科目多,其仿真系统的任务和系统结构也相应复杂化,原来的建模方法存在数据冗余度高且调用修改困难、适应性差等缺点,难以适用于现代复杂飞行训练仿真系统的要求。因此,运用现代高新技术、基于网络化、适应不同机型飞机、具有全任务仿真功能的通用仿真软件平台是军机飞行仿真软件的一个重点研究方向。在现有的理论和技术支持下,通用仿真软件平台具有下述特点:

(1) 面向对象的仿真建模方法:利用先进的数据库、模型库及图形封装技术等,将各仿真子系统的原始数据与仿真任务、仿真模型的结构联系起来,可进行快速查询并随时按照要求生成仿真模型,适用于多种需求的仿真任务,大大减少数据冗余。

(2) 一体化仿真技术:将建模、验模、设计、仿真、结果分析等仿真步骤集成在统一的软件环境中完成,从而简化了工程技术人员的工作强度,提高了可靠性和工作效率。

(3) 基于高性能微机网络环境:用高速发展的微机分布计算环境构建分布仿真计算机平台,采用互联网络结构、同步启动调度策略、接口处理器和混合同步技术,实现与其他训练系统的互连。

目前,较通用的开发软件平台有飞控解算软件平台 PLSIM、战场环境平台 STAGE、视景软件平台 VEGA、MULTIGEN 等。

2. 视景仿真技术

视景环境是飞行、对抗和作战仿真系统的重要组成部分,在早期的飞行模拟器中,视景环境是由电影录像产生的,或由可控制摄影机摄取地景沙盘模型的视频景象形成的。这些方法或缺乏灵活性,不能产生与当时飞行状态相符合的正确透视图像;或在视野上受到限制,不能产生大范围的透视景象效果。随着计算机成像技术的飞速发展和高速、高性能处理器的广泛应用,实时计算机成像系统已广泛应用于飞行仿真视景系统。视景仿真技术的三个重要方面是视景显示、生成和建模。

在现有技术条件下,飞行仿真系统的视景显示技术主要有多窗口虚像、WIDE 虚像、感兴趣区域头盔显示、感兴趣区域球幕显示(头位跟踪和眼位跟踪两种方式)、球形幕多通道拼接、多板块背投影显示。按这些方法构成的显示系统各有局限性,分别应用于不同功能要求的模拟器。

在计算机图形图像解算处理能力的大幅度提高下,仿真视景的逼真度越来越高,相应的软件技术随之发展。对于军机对抗仿真系统,其仿真视景生成包含两大方面的技术:

(1) 视景建模技术。军机视景建模技术体现在自然环境和战场环境两类:

① 真实的地形地貌是视景环境的基础。为实现真实性,目前的视景库的建模方法是以数字地图、地形数据(如美国 USGS 的 DEM 数据等)、卫星照片及机场三维景物实拍为基础,并进行优化预处理,借助各类软件工具(如 MULTIGEN, TERREX 等软件工具)进行

建模。

② 军机战场环境的仿真实现。战场环境是在前述的视景上增加兵力生成系统。为了营造战场氛围,在战场可视范围内设置一些随机移动目标,如敌方的飞机、发射的导弹、地面部队对空发射的炮火等。目前,利用人工智能技术将使计算机兵力生成系统越来越逼真和实用。

(2) 视景实时解算技术。为了提高视景的图像质量,充分利用计算机硬件的解算资源,实时图像计算和处理的算法一直是研究的课题。在飞行仿真视景的实时解算中,一般采用下列几种技术:

① 大地形数据库管理。高性能的视景仿真应用都要求能在大面积复杂数据库上连续运行而无延迟,对高精度和真实地理信息方面的要求增加了仿真应用的复杂性。因此,一次驻留在内存中的数据库将非常庞大。采用大地型数据库管理技术,可以通过设置观察点,把数据库进行分块,动态分配数据库,消除了显示效果上的任何跳动。

② 多纹理技术和 LOD 方法。随着仿真环境要求的提高,对纹理的真实性要求也越来越高。这样,对同一物体,根据距离的远近,构建由细到粗多个层次的模型,铺设不同的纹理,可以降低实时渲染的负载,提高解算速度。

③ 纹理的重复粘贴。对数据库进行统筹分析,找出其纹理的共性,对其纹理进行重新加工。在数据库中,对有共性的景物和地貌都粘贴同一纹理,可节省纹理内存,提高解算速度。

④ 纹理内存采用分页管理。对于大形复杂的数据库,受纹理内存的限制,不可能一次性装入所有的纹理。在实际工作中,采用分页管理纹理内存的方法,预先对纹理进行排序、分类,在程序运行时,根据飞行状态,预先算出所需的纹理,动态分配纹理内存,可以提高解算速度。

⑤ 地景库优化。在数据库构造阶段,为了改善渲染性能,在组内对多边形进行排序;为了达到优化,进行空间重组及分组,合理分配数据库的细节等级,保证多边形计算化简到最低限度。

3. 虚拟自然环境建模

在虚拟战场中,环境模型也是不可或缺的,环境因素对作战活动有很大的影响。大雨和大雾会对飞行员的飞行安全带来很大威胁,限制飞行员的飞行活动,会衰减光线的传播,影响传感器的探测和红外制导及激光制导武器的使用。参训人员也常利用环境因素来影响战斗进程,以达到自己的战术目的。缺少环境模型会限制参训人员的战术选择和战术策略。

近年来,人们越来越重视物理环境的复杂性和重要性,物理环境作为所有实体交互的重要媒介,已经成为虚拟环境中的一个重要组成部分。从环境仿真的发展趋势来看,环境仿真已经从独立的单一环境状态的仿真应用向多种综合的环境状态仿真方向发展,从简单的静态环境模型向复杂的动态环境模型方向发展。在虚拟环境中,环境仿真将最终建立起一个包括多种环境状态和复杂动态环境模型的综合自然环境(SNE),成为人和实体存在的场所和交互的重要媒介。

综合自然环境是指对实体所在和交互的物理世界的描述,包括描述环境组成的数据和模型、环境作用在实体上的效应及实体对环境变量的影响。以虚拟战场为例,虚拟环境