

计算机生成兵力导论

An Introduction to Computer Generated Forces

郭齐胜 杨立功 杨瑞平 等著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

系统建模与仿真及其军事应用系列丛书

计算机生成兵力导论

An Introduction to Computer
Generated Forces

郭齐胜 杨立功 杨瑞平 著
徐如燕 董志明

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

计算机生成兵力导论 / 郭齐胜等著. —北京: 国防工业出版社, 2006. 10

ISBN 7-118-04550-0

I. 计... II. 郭... III. 计算机仿真—战争—研究
IV. E919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 110300 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 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 9 字数 225 千字

2006 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 38.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764



郭齐胜，男，1962年8月生，湖北浠水人，装甲兵工程学院装备指挥与管理系教授、博士生导师，总装备部“1153人才工程”第一层次培养对象。1983年、1987年和1995年毕业于华中理工大学、上海理工大学、清华大学，分别获学士、硕士和博士学位，1983年~1991年在甘肃工业大学任教，1995年到装甲兵工程学院任教。被评为国家机械电子工业部优秀科技青年、国家机械工业部跨世纪学科带头人、全军优秀教师、首届全军优秀硕士学位论文指导教师，获国家机械电子工业部青年教师教书育人工作优秀奖、军队院校育才奖金奖、首届总装备部优秀人才奖。立三等功和获军队优秀专业技术人才二类岗位津贴各1次。

主持和参加国家、军队和省部级科研项目20余项，获军队、省（部）级科技进步二等奖4项、三等奖6项、中国高校科技进步一等奖1项、军队级教学成果二等奖1项。出版著作8部，发表学术论文130余篇，其中国家核心期刊论文70余篇，EI检索20篇，ISTP收录3篇，国际会议论文13篇。已培养研究生16人。目前指导研究生24人，其中博士生13人。

现任军队学位委员会学科评议组成员、《计算机仿真》编委等10多种职务。

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金 第五届评审委员会组成人员

主任委员 刘成海

副主任委员 王 峰 张涵信 程洪彬

秘 书 长 程洪彬

副 秘 书 长 彭华良 蔡 镭

委 员 (按姓名笔画排序)

于景元 王小谟 甘茂治 刘世参

杨星豪 李德毅 吴有生 何新贵

佟玉民 宋家树 张立同 张鸿元

陈冀胜 周一宇 赵凤起 侯正明

常显奇 崔尔杰 韩祖南 傅惠民

舒长胜

前 言

计算机生成兵力(CGF)是指仿真战场环境中由计算机生成和控制的仿真实体。通过对人类的作战行为的建模,这些实体不需要人的交互而自动地对仿真战场环境中的事件和状态做出反应。CGF 是分布交互仿真的重要组成部分,目前较大的分布交互仿真系统几乎都包含有相当数量的 CGF 实体。有关 CGF 的研究成果很多,但目前尚没有一部系统介绍这方面内容的著作。

本书是国内第一部关于 CGF 的专著,是在作者多年来研究成果的基础上参考国内外有关文献写成的。全书共 13 章:第 1 章绪论,第 2 章 CGF 的体系结构,第 3 章 CGF 的操作员系统,第 4 章适用于 CGF 的战场环境数据库,第 5 章 CGF 的物理行为仿真,第 6 章 CGF 中的人工智能(AI)技术,第 7 章 CGF 中的人类行为建模,第 8 章 CGF 中的人类行为模型开发,第 9 章聚合级 CGF,第 10 章聚合/解聚,第 11 章 CGF 中多分辨率建模,第 12 章 CGF 模型的校核与验证,第 13 章 CGF 实例。

本书由郭齐胜设计框架结构,郭齐胜、杨立功、杨瑞平、徐如燕和董志明共同编写。不妥之处在所难免,欢迎批评指正。

著 者

2006 年 3 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 CGF 的组成	1
1.2 CGF 的作用和意义	2
1.3 CGF 的关键技术	7
第 2 章 CGF 的体系结构	9
2.1 引言	9
2.1.1 CGF 对体系结构的基本要求	9
2.1.2 CGF 的设计思想	10
2.2 基于 DIS 的 CGF 体系结构	12
2.3 基于 HLA 的 CGF 体系结构	13
2.4 基于多 Agent 的 CGF 体系结构	14
2.4.1 Agent 的功能设计	14
2.4.2 系统的工作过程	16
2.4.3 Agent 之间的通信	16
第 3 章 CGF 的操作员系统	18
3.1 引言	18
3.2 CGF 操作员需求分析	18
3.3 CGF 操作员系统分析	21
3.3.1 任务分解	21
3.3.2 实体初始化	22
3.3.3 CGF 实体仿真运行管理	22
3.3.4 CGF 实体行为分析和评判	23
3.3.5 CGF 操作员的控制方式	23

3.3.6 CGF 操作员的命令方式	29
3.4 CGF 操作员系统实现	30
3.4.1 想定管理	31
3.4.2 演练管理	31
3.4.3 结果分析	32
3.4.4 系统的网络通信	32
第 4 章 适用于 CGF 的战场环境数据库	33
4.1 引言	33
4.2 战场环境数据库模型设计	33
4.2.1 战场环境数据库及其特点	33
4.2.2 战场环境数据组成结构	34
4.2.3 战场环境数据库的结构模型	36
4.2.4 基本网格信息层结构	38
4.2.5 网格索引信息层结构	39
4.2.6 线状抽象特征层结构	41
4.2.7 面状抽象特征层结构	42
4.2.8 战场环境数据库的对象模型设计	43
4.3 战场环境数据库编译器	44
4.3.1 战场环境数据库编译器的需求	44
4.3.2 战场环境数据库编译器的软件结构	45
4.4 战场环境数据库 API 的设计与实现	46
4.4.1 API 实现机制	46
4.4.2 API 体系结构	48
4.5 战场环境数据库评估	53
4.5.1 实时性	54
4.5.2 实用性	55
第 5 章 CGF 的物理行为仿真	56
5.1 CGF 建模分析	56
5.2 机动仿真	57
5.2.1 坦克的机动性仿真	57

5.2.2 飞机的机动性仿真	65
5.2.3 舰艇的机动性仿真	67
5.3 坦克 CGF 火力仿真	72
5.3.1 目标探测模型	72
5.3.2 目标选择模型	74
5.3.3 弹种选择模型	75
5.3.4 瞄准射击模型	75
5.3.5 外弹道模型	80
5.3.6 射弹散布模型	82
5.4 防护仿真	84
第 6 章 CGF 中的人工智能技术	86
6.1 引言	86
6.2 现存 CGF 中的人工智能技术	87
6.3 新一代 CGF 中的人工智能技术	88
6.3.1 智能主体	89
6.3.2 软计算	91
6.3.3 基于范例的推理	94
6.3.4 基于语境的推理	94
6.4 知识获取	96
6.4.1 知识获取的概念及其过程	96
6.4.2 知识获取的类型	97
6.4.3 自动知识获取	98
6.4.4 数据库中的知识发现	101
6.4.5 增强学习	105
第 7 章 CGF 中的人类行为建模	107
7.1 引言	107
7.2 人类行为建模的定义及研究背景	107
7.3 基于主体的人类行为建模	108
7.3.1 人类行为建模的框架结构	109
7.3.2 战场态势感知	111

7.3.3	决策	111
7.3.4	规划	111
7.3.5	记忆与学习	111
7.3.6	多主体系统的协调与协作	112
7.4	CGF 实体行为描述语言	113
7.4.1	行为描述语言概述	113
7.4.2	ABDL 的语法	115
7.4.3	ABDL 原语的翻译与执行	118
第 8 章	CGF 中的人类行为模型开发	121
8.1	引言	121
8.2	人类行为模型的开发过程	122
8.3	智能决策	123
8.3.1	智能决策流程	123
8.3.2	基于语境推理的智能决策方法	124
8.4	知识获取	125
8.4.1	知识获取工具	125
8.4.2	知识库的构成	128
8.5	坦克 CGF 中的路径规划	132
8.5.1	全局路径规划	133
8.5.2	避障方法	133
8.5.3	过通道算法	136
8.6	坦克 CGF 的队形变换	137
8.6.1	战术背景及问题的引出	137
8.6.2	方案的确定	138
8.6.3	数学模型	138
8.7	三级智能决策方案	141
第 9 章	聚合级 CGF	146
9.1	仿真模块的划分	146
9.1.1	设计符合 HLA 框架的聚合级 CGF 的体系结构	146
9.1.2	指挥决策问题	148

9.1.3 HLA/RTI下的数据分发与时间管理	148
9.2 机动模型	151
9.2.1 机动模型的结构	152
9.2.2 机动模型的流程	152
9.2.3 机动模型的数学描述	156
9.3 目标搜索	159
9.4 损耗模型	160
9.4.1 射击与毁伤	161
9.4.2 兵力指数损耗模型	165
9.4.3 兰彻斯特方程类损耗模型	168
9.4.4 一致性问题	172
9.5 损耗模型参数的估计	172
9.6 损耗模型参数的校准	175
第10章 聚合/解聚	180
10.1 引言	180
10.2 聚合/解聚的要求	181
10.2.1 聚合/解聚的一致性要求	181
10.2.2 聚合/解聚的逼真度要求	182
10.3 聚合	183
10.3.1 概念	183
10.3.2 聚合的性质	183
10.3.3 聚合的基本形式	185
10.4 解聚	185
10.5 将战场划分为多个战斗分区时的聚合模型	188
10.5.1 战斗分区的兰彻斯特定律	188
10.5.2 均匀兵力分布	190
10.5.3 集中兵力的影响	191
10.5.4 增援和机动集中对聚合模型的影响	198
10.5.5 总结	199
10.6 一个基于 HLA 的多分辨率仿真中的聚合/解聚	

建模研究	201
10.6.1 联邦结构	201
10.6.2 数据传输	203
10.6.3 基本过程	203
10.6.4 技术层模型与战术层模型间的聚合/解聚	204
10.6.5 战术层模型与作战层模型间的聚合/解聚	205
第 11 章 CGF 中多分辨率建模	207
11.1 多分辨率建模的应用领域及研究意义	207
11.1.1 术语辨析	207
11.1.2 研究范畴	210
11.1.3 多分辨率建模研究的军事意义	213
11.2 基于多分辨率模型仿真的关键技术	215
11.2.1 多重表示间的交互	215
11.2.2 多重表示间的一致性	216
11.2.3 资源开销的有效性	216
11.3 目前的方法	217
11.3.1 优化选择法	217
11.3.2 聚合—解聚法	218
11.3.3 多重表示建模	218
11.3.4 三种方法的对比分析	220
11.4 基于 HLA 的多分辨率建模体系结构示例	221
11.4.1 引言	221
11.4.2 作战想定	221
11.4.3 总体设计	223
11.4.4 基于 HLA 的多分辨率建模实现	226
11.4.5 实体联邦成员的设计与开发	232
第 12 章 CGF 模型的校核与验证	241
12.1 引言	241
12.2 CGF 模型的 V&V	241
12.3 CGF 模型的校核	242

12.3.1 物理模型的校核	242
12.3.2 HBR 的校核	243
12.4 CGF 模型的验证	243
12.4.1 物理模型的验证	243
12.4.2 HBR 的验证	244
第 13 章 CGF 实例	246
13.1 CGF 背景	246
13.2 CGF 行为模型的程序运行环境	247
13.3 在程序中用于决策的类	247
13.3.1 CAgent 类	248
13.3.2 两个对应知识库的类	248
13.3.3 战场环境数据库相关的类	249
13.4 决策过程	250
13.5 状态获取	251
13.5.1 扫描所有地形特征物	252
13.5.2 扫描所有战场中的虚拟实体	253
13.5.3 进攻阶段信息	253
13.5.4 “开进”阶段的状态获取	254
13.5.5 “占领展开地区”阶段的状态获取	255
13.5.6 “冲击”阶段的状态获取	255
13.6 战术决策和动作规划	257
参考文献	259

Contents

Chapter 1	Introduction	1
1.1	Consistute of CGF	1
1.2	Significances of CGF	2
1.3	Key Technologies of CGF	7
Chapter 2	Architecture of CGF	9
2.1	Forwards	9
2.1.1	Demand on Architecture of CGFs	9
2.1.2	Design of CGFs	10
2.2	DIS Based CGF Architecture	12
2.3	HLA Based CGF Architecture	13
2.4	Mutli-Agent Based CGF Architecture	14
2.4.1	Fuction Design of Agent	14
2.4.2	Work Process of System	16
2.4.3	Agents' Communication	16
Chapter 3	CGF Operator System	18
3.1	Forwards	18
3.2	Analysis of CGF Operator Demands	18
3.3	Analysis of CGF Operator System	21
3.3.1	Task Decompose	21
3.3.2	Entity Initial	22
3.3.3	Management of CGF Simulation Exercise	22
3.3.4	Analysis and Evaluation of CGF Entities Behaviors	23
3.3.5	Control Modes of CGF Operator	23
3.3.6	Command Modes of CGF Operator	29

3.4	Implement of CGF Operator System	30
3.4.1	Scenario Manage	31
3.4.2	Exercise Manage	31
3.4.3	Result Analysis	32
3.4.4	Network Communication of System	32
Chapter 4	Battlefield Enviroments Database Adapt to CGF	33
4.1	Forwards	33
4.2	Model of Battlefield Enviroments Database	33
4.2.1	Charactristic of Battlefield Enviroments Database	33
4.2.2	Compose of Battlefield Enviroments Database	34
4.2.3	Structure Model of Battlefield Enviroments Database	36
4.2.4	Construction of Basic Gridding Information Level	38
4.2.5	Construction of Gridding Index Information Level	39
4.2.6	Construction of Linear Abastract Character Level	41
4.2.7	Construction of Face Abastract Character Level	42
4.2.8	Object Model Design of Battlefield Enviroments Database	43
4.3	Battlefield Enviroments Database Compiler	44
4.3.1	Demand of Battlefield Enviroments Database Compiler	44
4.3.2	Software Construcion of Battlefield Enviroments Database Compiler	45
4.4	The Design and Implement of Battlefield Enviroments Database APIs	46
4.4.1	Implement Mechanism of APIs	46
4.4.2	Architecture of APIs	48
4.5	Evaluation of Battlefield Enviroments Databases	53
4.5.1	Realtime	54
4.5.2	Practicability	55
Chapter 5	Simulation of CGF Physical Behavior	56
5.1	Analysis of CGF Modeling	56