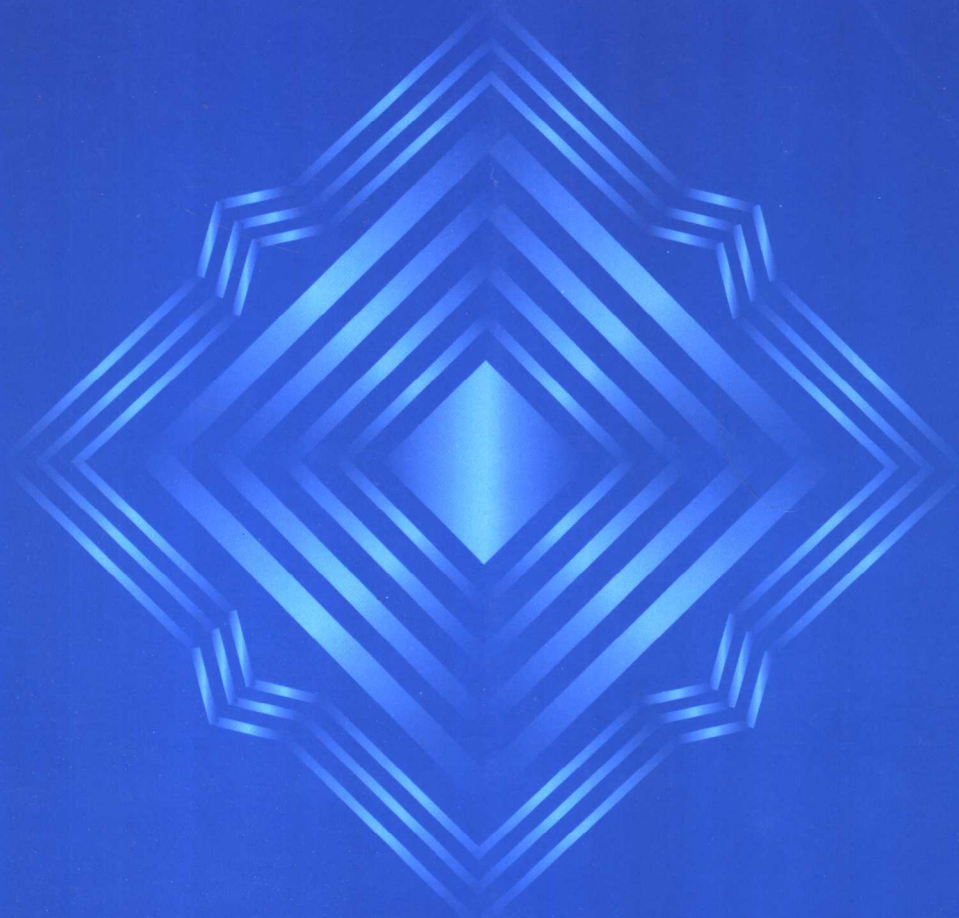


系统建模与仿真及其军事应用系列丛书

C^3I 系统建模与仿真

杨瑞平 郭齐胜 赵宏绪 张志荣 编著



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

C³I 系统建模与仿真

杨瑞平 郭齐胜 赵宏绪 张志荣 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书系统地介绍了 C³I 系统建模与仿真的基本概念、指挥与控制系统的建模与仿真、通信系统的建模与仿真、情报系统的建模与仿真以及 C³I 系统的建模与仿真等方面的内容。

本书可供高等院校有关专业作为本科生和研究生教材或参考书,也适合科研人员和工程技术人员作为技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

C³I 系统建模与仿真 / 杨瑞平等编著. —北京: 国防工业出版社, 2006.1

(系统建模与仿真及其军事应用系列丛书)

ISBN 7-118-04158-0

I. C... II. 杨... III. ①指挥工程—系统建模②指挥工程—系统仿真 IV. E917

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 107835 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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14½ 325 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:30.00 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

总 序

仿真技术具有安全性、经济性和可重复性等特点,已成为继理论研究、科学实验之后第三种科学研究的有力手段。仿真科学是在现代科学技术发展的基础上形成的交叉科学。目前国内出版的仿真技术方面的著作较多,但系统的仿真科学与技术丛书还很少。郭齐胜教授主编的“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”在这方面作了有益的尝试。

该丛书分为基础、应用基础和应用三个层次,由《概念建模》、《系统建模》、《半实物仿真》、《系统仿真》、《战场环境仿真》、《C³I 系统建模与仿真》、《计算机生成兵力导论》、《分布交互仿真及其军事应用》、《装备效能评估概论》、《装备作战仿真概论》10 部组成,系统、全面地介绍了系统建模与仿真的理论、方法和应用,既有作者多年来的教学和科研成果,又反映了仿真科学与技术的前沿动态,体系完整,内容丰富,综合性强,注重实际应用。该丛书出版前已在装甲兵工程学院等高校的本科生和研究生中应用过多轮,适合作为仿真科学与技术方面的教材,也可作为广大科技和工程技术人员的参考书。

相信该丛书的出版会对仿真科学与技术学科的发展起到积极的推动作用。

中国工程院院士



2005 年 3 月 27 日

序 言

仿真科学与技术具有广阔的应用前景,正在向一级学科方向发展。仿真科技人才的需求也在日益增大。目前很多高校招收仿真方向的硕士和博士研究生,军队院校中还设立了仿真工程本科专业。仿真学科的发展和仿真专业人才的培养都在呼唤成体系的仿真技术丛书的出版。目前,仿真方面的图书较多,但成体系的丛书极少。因此,我们编写了“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”,旨在满足有关专业本科生和研究生的教学需要,同时也可供仿真科学与技术工作者和有关工程技术人员参考。

本丛书是作者在装甲兵工程学院及北京理工大学多年教学和科研的基础上,系统总结而写成的,绝大部分初稿已在装甲兵工程学院和北京理工大学相关专业本科生和研究生中试用过。作者注重丛书的系统性,在保持每本书相对独立的前提下,尽可能地减少不同书中内容的重复。

本丛书部分得到了总装备部“1153”人才工程专项经费的资助。中国工程院院士、中国系统仿真学会副理事长、《系统仿真学报》编委会副主任、总装备部仿真技术专业组特邀专家、哈尔滨工业大学王子才教授在百忙之中为本丛书作序。丛书的编写和出版得到了中国系统仿真学会副秘书长、中国自动化学会系统仿真专业委员会副主任委员、《计算机仿真》杂志社社长兼主编吴连伟教授、装甲兵工程学院训练部副部长王树礼教授、学科学位处处长谢刚副教授、培养处处长钟孟春副教授、装备指挥与管理系主任王凯教授、政委范九廷大校和国防工业出版社的关心、支持和帮助。作者借鉴或直接引用了有关专家的论文和著作。在此一并表示衷心的感谢!

由于水平和时间所限,不妥之处在所难免,欢迎批评指正。

郭齐胜

2005年10月

前 言

在传统的作战仿真中融入 C³I 系统是提高作战仿真可信度、提高模拟训练效果的重要途径。经过近几年的发展,我军队院校、研究所等建立了一批与作战仿真相关的系统,这些系统主要分为两类:一类以作战仿真为主,这些作战仿真系统侧重于演示性、示范性功能的开发。作战仿真以传统的作战样式为主,作战仿真过程较少或基本上没有体现 C³I 系统的作用;另一类以 C³I 系统仿真为主,这类系统的兵力仿真一般由剧情产生器完成,难以从作战层面进行模拟训练、作战研究和装备论证等。

在现代作战样式下,作战过程在很大程度上依赖 C³I 系统进行态势感知、信息交换、辅助决策、指挥控制。作战仿真必须适应这一发展趋势,将传统的作战仿真和 C³I 系统仿真有机地、紧密地结合起来,才能使作战仿真具有真正的生命力。

基于以上情况,我们结合自己在作战仿真和 C³I 系统仿真领域多年的系统开发经验和对系统建模与仿真的认识编写了本书。该书力图从作战仿真的角度来阐述 C³I 系统建模与仿真方面的知识。

全书共分为 5 章,第 1 章介绍 C³I 系统建模与仿真的概况,列举出 C³I 系统建模与仿真的应用领域。第 2 章~第 4 章分别从指挥控制决策、通信系统、情报系统的建模与仿真进行详细论述。第 5 章主要叙述对整个 C³I 系统的建模与仿真,该章的内容又可分为三部分。第 1 部分着重从作战模拟角度探讨 C³I 系统建模与仿真;第 2 部分主要从分布交互仿真领域研究 C³I 系统的建模与仿真;第 3 部分是作者将多种不同类型的 C³I 仿真系统和作战仿真系统进行有机地融合,提出的一种基本涵盖不同样式、不同类型的 C³I 仿真系统和作战仿真系统的基本体结构,并从不同角度对该系统进行了全面论述。

全书各章之间既相互独立,又相互关联,第 2 章~第 4 章既从理论上对 C³I 系统建模与仿真进行探讨,又在每一章给出了相应的实例供读者参考。这样做的好处是理论和实践紧密结合,使全书的内容显得更为生动,力图从从事本专业的读者提供一本好的参考教材。这些实例是作者从最近几年的国内外有关文献资料上精选出来的。

与 C³I 系统建模与仿真相关的基础知识还包括分布交互仿真理论和方法,作战模拟理论和方法,读者要了解这些知识可以查阅相关资料。

本书可作为高等院校有关专业高年级学生和研究生教材,也可作为与仿真领域相关的科技工作者的参考书。

本书由杨瑞平、郭齐胜、赵宏绪和张志荣共同完成。编写过程中得到了教员黄俊卿,研究生杨秀月、文谷生、刘洪水的帮助,在此一并表示感谢。本书参考或直接引用了国内

外的一些论文和著作,在此向这些论文和著作的作者表示谢意。

由于作者水平有限,加上 C³I 系统建模与仿真和作战仿真发展很快,并且有些领域我们不是很熟悉,因此,书中不妥和错误之处在所难免,我们诚恳地希望各位专家和读者不吝指教和帮助,对此,我们将深为感激。

编著者

2005 年 10 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 C ³ I 系统	1
1.1.1 C ³ I 系统定义	1
1.1.2 C ³ I 系统组成	2
1.1.3 C ³ I 系统功能	3
1.1.4 C ³ I 系统分类	3
1.2 C ³ I 系统建模与仿真	3
1.2.1 C ³ I 系统建模与仿真方法	4
1.2.2 C ³ I 系统建模与仿真意义	5
1.2.3 C ³ I 系统建模与仿真特点	5
1.2.4 C ³ I 系统建模与仿真应用	6
1.3 小结	7
第 2 章 指挥与控制的建模与仿真	8
2.1 引言	8
2.2 文电处理	9
2.2.1 基于模板的文电生成	9
2.2.2 基于 NLG 技术的文电自动生成	10
2.3 地图处理与态势信息处理	15
2.3.1 电子地图	16
2.3.2 虚拟战场态势	16
2.4 指挥与控制决策仿真实理论	18
2.4.1 指挥决策仿真知识组成	19
2.4.2 指挥决策仿真知识获取	19
2.4.3 指挥决策仿真知识表示	21
2.4.4 指挥决策仿真知识推理	31
2.5 指挥决策仿真方法	35
2.5.1 军事专家系统	35
2.5.2 专家系统与神经网络相结合的指挥决策仿真	42
2.5.3 基于案例推理的指挥决策仿真	44
2.5.4 基于有限状态机的指挥决策仿真	48
2.5.5 基于 Agent 的指挥决策仿真	52
2.6 指挥控制中的协同	57

2.6.1	指挥决策层次体系结构及实体间的协同	58
2.6.2	指挥控制协同的通信	58
2.6.3	基于联合意图的系统模型	60
2.6.4	基于部分全局规划的指挥决策仿真协同	65
2.6.5	装甲分队指挥协同仿真	66
2.7	坦克排长实体的仿真	68
2.7.1	坦克排长指控实体指挥命令的设计	68
2.7.2	坦克排长指控实体的决策框架	69
2.7.3	坦克排长决策知识库的设计	70
2.8	舰艇战术决策系统仿真	72
2.8.1	系统结构	73
2.8.2	模糊推理机的构造	73
2.8.3	决策支持仿真	75
2.9	地面防空作战指控系统建模与仿真	75
2.9.1	指控系统模型	75
2.9.2	仿真模型	78
第3章	通信系统建模与仿真	80
3.1	引言	80
3.2	通信系统的基本组成	80
3.3	通信装备的建模与仿真	81
3.3.1	装备建模与仿真内容	81
3.3.2	坦克电台仿真	82
3.4	通信网建模方法	84
3.4.1	Petri 网方法	84
3.4.2	Monte Carlo 方法	89
3.4.3	非线性规划方法	92
3.4.4	逻辑网络方法	96
3.5	防空 C ³ I 通信网仿真	99
3.5.1	防空 C ³ I 通信网模型	100
3.5.2	信息仿真	101
3.5.3	LAN 仿真	101
3.5.4	子网仿真	103
3.5.5	仿真中心管理	104
3.6	通信信道建模与仿真	106
3.6.1	短波宽带通信系统中信道模型	106
3.6.2	信道参数	108
3.6.3	短波通信抗干扰性能模型	108
3.6.4	短波宽带信道模型的仿真	110
3.7	地空通信系统的建模	112

3.7.1	地空通信系统的物理模型	112
3.7.2	地空通信系统的数学模型	113
3.8	用联合建模与仿真系统实现数字化通信网络建模	115
第 4 章	情报系统的建模与仿真	117
4.1	引言	117
4.2	传感器建模	118
4.2.1	军用传感器工作特征	119
4.2.2	典型传感器模型	121
4.2.3	雷达模型	123
4.3	信息融合模型与方法	127
4.3.1	信息融合基本要素	128
4.3.2	信息融合的功能模型	129
4.3.3	信息融合的结构模型	130
4.3.4	基于输入输出特征的融合模型	134
4.3.5	系统四种融合模型	134
4.3.6	信息融合层次模型	135
4.3.7	信息融合方法	135
4.3.8	目标识别方法	152
4.3.9	信息融合仿真系统	156
4.4	威胁估计	157
4.4.1	基于 Lanchester 方程的威胁估计	158
4.4.2	以目标类型为主的威胁评估方法	163
4.5	人工情报仿真	166
4.6	情报仿真系统	168
4.6.1	MultiSIM - SIGINT 系统	168
4.6.2	情报和电子战战术技能训练系统(IEWTPT)	170
第 5 章	C³I 系统建模与仿真	173
5.1	引言	173
5.2	基于 Petri 网的 C ³ I 系统建模	173
5.2.1	决策过程描述	173
5.2.2	C ³ I 系统功能分析与功能的 Petri 网描述	176
5.2.3	高级 Petri 网及其在 C ³ I 系统描述中的应用	185
5.3	基于影响图的 C ³ I 系统建模	192
5.3.1	应用思路	192
5.3.2	作战想定与 C ³ I 系统配置	193
5.3.3	系统的影响图	194
5.3.4	系统模型的建立	196
5.4	防空训练空情保障系统	201
5.4.1	物理模型与决策模型	202

5.4.2	决策模型	203
5.4.3	多目标多批次攻击的实现	204
5.5	区域综合防空 C ³ I 仿真系统	204
5.5.1	总体结构	204
5.5.2	关键模型的实现	205
5.6	C ³ I 作战仿真系统	209
5.6.1	系统组成	209
5.6.2	仿真管理系统	211
5.6.3	仿真实体	212
5.6.4	模型资源系统	213
5.6.5	系统表现形式	214
5.6.6	系统特点	215
参考文献		217

第 1 章 绪 论

1.1 C³I 系 统

1.1.1 C³I 系统定义

C³I(Command, Control, Communication and Intelligence)是指令、控制、通信和情报四个英文单词首字母的缩写。C³I 系统是实现指挥、控制、通信和情报的军事电子综合信息系统,是指令员对其所属部队行使权力进行管理、发号施令时所要用到的设备、器材、程序软件及各种相关工作人员的总称。它表明了在现代战争中指挥、控制、通信和情报的密不可分、相互依赖的关系。其中,指挥和控制是目的,它的实现以通信为依托,以情报为依据,同时也意味着 C³I 在现代作战中的重要性。C³I 贯穿现代作战的整个过程,发挥着至关重要的作用。

C³I 的相关名称很多,如 C²、C³、C⁴I、C⁴ISR、C⁴IKSR 等,这些是在 C³I 系统发展的不同时期,为了强调系统的某些功能而对名称进行的增改。下面就 C³I 系统在不同时期的发展状况和相应的名称由来进行简要介绍。

美国于 20 世纪 50 年代,首先提出 C² 系统的概念,并率先研制出世界上第一个半自动化指挥控制系统——“SAGE”防空指挥控制系统,首次将地面警戒雷达、通信设备、电子计算机和显示器连接起来,实现了目标航迹的绘制和其他数据显示的自动化。20 世纪 60 年代,随着通信技术的扩展,通信被纳入指挥控制系统,C² 系统被扩展为 C³ 系统。1977 年,美国国防部专设一名助理部长负责指挥、控制、通信和情报工作,首次把 C³ 同情报合并起来,称为 C³I 系统。随着计算机技术的发展,计算机在 C³I 系统中的地位与作用更为重要。因此,在 20 世纪 80 年代初,C³I 系统发展成为 C⁴I 系统,在海湾战争中,美军 C⁴I 系统经受了实战的考验,为战争取得胜利起到了关键作用。但同时也暴露出了系统互联、互通性差等一系列问题。海湾战争后,美军根据联合作战构想,于 1992 年提出了武士 C⁴I 计划,即在任何时间都可向全球任何武士实施高效、无缝、保密、互通的信息保障,确保武士作战需要。武士 C⁴I 计划的提出,标志着 C⁴I 系统的内涵发生了革命性的变化,以网络化为基础特征,以互联、互通、互操作为基本能力的军队指挥的物质基础。随着对信息在作战指挥中重要性认识的日益增强,在 C⁴I 基础上,美国国防部在 1997 财政年度国防报告中又把监视和侦察综合进来,提出了 C⁴ISR 系统的概念,其内涵和外延更加丰富和充实。阿富汗战争后,2002 年 5 月,美国国防高级研究计划局的信息开发办公室提出了 C⁴IKSR(指挥、控制、通信、计算机、杀伤、情报、监视、侦察)这一更新的概念,其中“K”表示杀伤,由目标发现、精确鉴别、跟踪和杀伤技术三部分组成,计划到 2025 年,建成 C⁴IKSR 系统,即实现预警探测系统、通信与指挥控制系统等各种打击系统的一体化。

综上所述,C³I 系统名称的不断变更,意味着作战手段、作战方式发生了重大变化。但

无论其名称如何变化, C³I 系统功能的不断完善实质都是围绕着提高指挥、控制的准确性和及时性, 改善系统的通信性能和提高情报的可靠性展开的。本书为了叙述和研究的方便, 仍将各种不同的名称、叫法统一为“C³I”系统。

C³I 系统在现代战争中的作用越来越重要, C³I 系统是现代战争的神经中枢, 被称为现代战争的“兵力倍增器”。

1.1.2 C³I 系统组成

不同任务、不同级别、不同军种、不同用途的 C³I 系统, 尽管规模大小不一, 功能各有千秋, 设备配置也不尽相同, 但其基本组成原理是一致的, 典型的战术 C³I 系统的组成如图 1.1 所示。

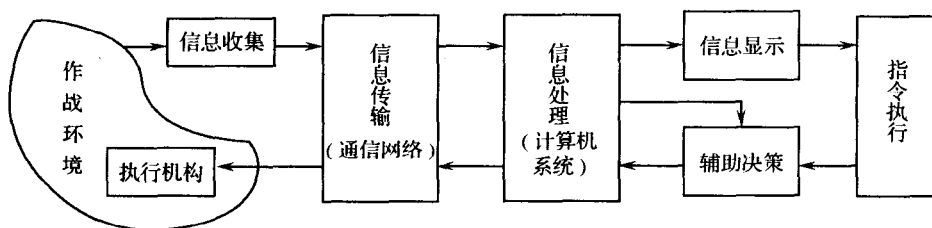


图 1.1 C³I 系统基本组成

以下分别对组成系统的各部分进行说明。

1. 信息收集系统

战场信息的收集是获取情报的一个重要部分。信息收集系统是指 C³I 系统的各种侦察设备, 如侦察卫星、侦察飞机、雷达、传感器及其他侦察探测设备等。利用信息收集系统可以获得有关敌我双方的兵力步骤、作战行动以及战场地形、地貌和气象条件等情况。

2. 信息传输系统

信息传输系统由各种通信信道、交换设备和通信终端组成, 通信信道主要包括短波、有线载波、微波接力、卫星通信以及光通信等; 交换设备主要包括自动交换机和电报、数据自动交换机等; 通信终端设备主要包括电传机、电话机和图形显示器等。以上设备组成具有各种功能的通信网络。该网络能迅速、准确、保密和不间断地传输各种信息, 并能自动进行信息交换、加密、解密和路由选择等。

3. 信息处理系统

信息处理系统由计算机及相应的输入/输出设备组成。计算机对信息的处理, 贯穿于 C³I 系统的各个环节。

4. 信息显示系统

信息显示系统主要由各类显示设备组成, 如大屏幕显示器、平板显示器、光学投影仪和记录仪等。它以文字、符号、表格以及图形图像等形式显示信息, 为指挥员提供形象、直观、清晰的态势情报和所需要的参考数据。

5. 辅助决策系统

该系统是根据输入的情报数据, 估计出敌我态势, 并依据所要求表达的目标进行各种精确计算, 并采用作战模拟的方法预测战斗进程, 比较各种可能的作战方案, 是指挥员定

下决心的主要参考依据。

6. 指令执行系统

指令执行是指能把各种指令信息变成行动的执行设备和人员。如导弹的发射装置、火炮的发射控制装置以及各种遥测设备等。

1.1.3 C³I 系统功能

系统功能是指系统为实现预定目标所表现出来的作用和能力。系统功能及系统的组成和结构有着密切的关系。不同组成和结构的系统能够实现相同的功能。不同的 C³I 系统所能实现的功能基本上包括以下几个方面:

1. 信息获取功能

C³I 系统中的信息获取包括信息采集和接收。信息采集指的是 C³I 系统利用本身的侦察手段所获得的信息。信息接收指的是 C³I 系统收到的上一级指挥机关或下一级指挥机关报告的信息。

2. 信息传输功能

C³I 系统利用各种信息传输手段,按照一定的传输规程和编码格式,将信息在 C³I 系统内部和 C³I 系统之间进行传送。信息传输的基本要求是快速、准确、可靠和保密。

3. 信息处理功能

信息处理功能包括两个方面:一是信息登录、格式检查、属性检查、统计计算等;二是数据融合,即将 C³I 系统采集到的数据进行分类,属性识别、威胁排序等。

4. 辅助决策功能

辅助决策采用人工智能、数据库技术,以一定的模型为基础,对 C³I 系统处理后的信息进行计算、推理,辅助作战指挥人员制定作战方案和保障方案。

C³I 系统除具有上述功能外,还应具有通信保密和系统之间互联互通的功能。由于这两项功能不是本书研究的重点,在这里不予以介绍。

1.1.4 C³I 系统分类

从不同的角度出发,C³I 系统可分成不同类别。

从担负的任务和规模可分为战术级、战区级、战略级 C³I 系统。

战术级 C³I 系统按军兵种分为陆军 C³I 系统、海军 C³I 系统、空军 C³I 系统;按指挥控制的兵器分为高炮、战术导弹、高炮—导弹、地炮射击 C³I 系统;按 C³I 系统和火控系统之间的关联程度可以分为独立式、集中式、自备式以及分布式指挥自动化系统。

按不同的控制对象可分为军队 C³I 系统、作战 C³I 系统和武器控制 C³I 系统。其中,军队 C³I 系统控制的是人和军事团体。作战 C³I 系统控制的是信息流。武器控制 C³I 系统控制的是各种高技术武器装备。

按 C³I 系统的任务可分为机动控制、防空、火力支援、情报 \ 电子战、战斗勤务支援 C³I 系统等。按与外部协同程度分为开放式、闭环式 C³I 系统。

1.2 C³I 系统建模与仿真

一个大型 C³I 系统的研制,往往要经过数年的艰苦努力,花费大量的人力物力,而且

在系统投入使用之前,还必须进行集成联调、综合测试、模拟演示甚至实兵演习。在此过程中,一旦发现该系统有不足之处,如果需要弥补这些不足,又需要耗费大量的资金和时间。如果不进行技术上的修改,则使得 C³I 系统最终的性能指标、技术指标不断下降,进度不断后推,这样研制出的系统各方面都难以令人满意。

对于一个大型 C³I 系统,究竟如何协调并确定合适的作战技术指标,如何缩短研制周期,如何测试和评价协调的性能指标,如何评估它的作战效能和平时使用效益,如何改进已建系统、找出瓶颈使系统不断改进,都是 C³I 系统设计、开发和建设过程中必须面对的问题。

仿真技术为这些问题的解决提供了一条可行的途径。仿真是一种可以控制的、无破坏性的、允许多次重复的实验手段。开发 C³I 系统之前建立该系统的仿真系统,对于研究 C³I 系统的动态特性,解决系统中的一些关键问题,揭示各个方案的内在能力和薄弱环节,并根据一定的原则和指标选择最优方案不仅是可行的,也是必要的。

顾名思义,C³I 系统建模与仿真就是通过建立 C³I 系统的各类模型,运用仿真的手段实现对 C³I 系统的评价、评估或利用 C³I 仿真系统进行作战指挥等的模拟训练。

C³I 系统建模与仿真的方法包括:作战模拟、系统试验床、基于分布交互仿真(DIS, Distributed Interactive System)或高层体系结构(HLA, High Level Architecture)的建模与仿真,即基于 DIS/HLA 的建模与仿真。

1.2.1 C³I 系统建模与仿真方法

1. 作战模拟

Monte Carlo 方法是以模拟模型为基础的仿真方法。模拟模型是用计算机程序把战术现象分解为一系列基本活动和事件,并按活动和事件的逻辑关系把它们组合到一起,模拟整个系统的运行过程。由于模型中任何一部分随机值都是由它们的分布规律确定的,需要用统计方法来求解,因此也称为统计模型。统计模型一般用 Monte Carlo 法来求解。这种方法的推广使用面临许多问题,其首要障碍就是基本状态变量的巨额维数。Monte Carlo 仿真十分耗时和昂贵,不适用于分析、设计和评价各种分布式结构的 C³I 系统。它的另一个缺点就是无法描述信息的处理与认知过程。因此,在描述 C³I 系统中的信息活动时只能采用枚举法,列出所有信息活动及其发生概率,这么做几乎是不可能的。

另一种用于 C³I 系统作战模拟的方法是 LAN Chester 方程,它以系统解析模型为基础,用方程式的形式来表示模型参数、初始条件和其他输入信息以及模拟时间与结果之间的一切相互关系。LAN Chester 方程是针对连续系统的数学模型,人们一般采用这种半经验半理论的方程来描述战争过程。由于 LAN Chester 方程描述的是两类相互斗争又相互依存的事物之间的关系,随着现代多维立体战争的出现,尤其是随着 C³I 系统的出现,使得 LAN Chester 方程在描述现代战争时受到了很大局限,已基本不适用于研究现代战争,更不适合用于 C³I 系统。目前,基于 LAN Chester 方程的描述 C³I 系统的一般思路是通过改变点目标毁伤和面目标毁伤的比例大小来定性反映 C³I 系统对作战的影响,但要在这类描述作战损耗的方程中加入与信息的获取和损耗有关的内容是很困难的,其最终结论、结果也是不完善的。

除上述方法之外,人们还利用其他一些思路建立 C³I 系统特定部分的模型。如本文后面提到的用影响图描述指挥控制中心的决策过程,用 Petri 网建立 C³I 系统的通信网模型等。

2. 系统试验床

采用系统试验床法进行 C³I 系统研究的主要原因是 C³I 系统中的某些部分由于过于复杂,难以建立合适的数学模型,对这些部分采用能够实物替代的方式进行整个系统的研究。也就是说 C³I 系统试验床的物理表现形式为:实装、仿真器、计算机仿真模型,所以这种方法也称为半实物仿真。

3. 基于 DIS/HLA 的建模与仿真

DIS 是一种基于仿真模型及计算机通信网络的系统,它将分散于不同地点、不同类型的仿真模型或仿真系统通过计算机网络联为一体,每一个仿真模型或仿真系统是整个网络系统的一个节点,该节点通过网络发送消息与网络系统中的其他节点产生间接或直接的交互,以此达到利用该系统进行特定研究的目的。

大量的使用表明:DIS 并不是一项成熟和完善的技术。DIS 技术面临着许多问题,这些问题由于 DIS 先天性的不足而难以解决。尤其是在解决建模与仿真(M&S)中的互操作性和可重用性问题时,DIS 显得力不从心。

美国国防部充分认识到上述问题之后,为了解决仿真系统之间、建模仿真与 C⁴I 系统之间的互操作、建模与仿真资源重用等问题,制定了 HLA。

HLA 的优点是显而易见的。对于 C³I 系统建模与仿真来说,相应于特定的系统规模和仿真应用目的,无论 DIS 或 HLA,都有它的可取之处。但 HLA 作为 DIS 基础之上的一种产物,它弥补了 DIS 的诸多不足,使其作为建模与仿真应用平台的趋势成为必然。

1.2.2 C³I 系统建模与仿真意义

1. C³I 系统建模与仿真具有重要的应用价值

进行 C³I 系统建模与仿真是大力发展 C³I 系统,减少投资失误,正确引导 C³I 系统建设的一个重要思路。在 C³I 系统发展之前,进行 C³I 系统的建模与仿真,利用仿真的手段检验 C³I 系统发展过程中可能遇到的技术上的、使用上的、甚至是战术上的问题,使得 C³I 系统的开发尽可能少走弯路。C³I 系统建模与仿真应用的另外一个方面是建立具有训练功能的 C³I 系统,使 C³I 系统操作人员和作战指挥人员能够使用该套系统进行作战技能的训练。减少实装训练的次数,但同样能达到实装训练的效果。

2. C³I 系统建模与仿真具有重要的科研价值

由于 C³I 系统的极其复杂性,C³I 系统建模与仿真综合了建模理论和系统仿真实论的基本要素,通过开展 C³I 系统建模与仿真工作,可以在建模理论和应用上展开突破,也可以在系统仿真领域进行大量有意义的科研工作。无论是进一步深入研究系统建模理论还是系统仿真技术,选择 C³I 系统建模与仿真是一个比较理想的切入点。

同样,进行 C³I 系统建模与仿真还要求系统开发人员具备一定的军事素养,需要了解一定的作战指挥、战场通信、情报侦察的军事需求,才能更好地把握 C³I 系统建模与仿真。C³I 系统建模与仿真也是研究军事和技术有机结合的良好平台。

1.2.3 C³I 系统建模与仿真特点

1. C³I 系统建模与仿真是面向信息流的建模与仿真

C³I 系统是基于信息的分布式系统,它以信息为工作媒介,信息功能是其最基本的功

能。C³I 系统的每一项功能都是在信息的基础上完成的。C³I 系统的活动过程就是从信息的获取、传递、存储、处理到信息的应用和反抗的全过程。

同样, C³I 系统建模与仿真要解决对信息过程的建模与仿真, 即信息的获取、传递、存储、处理和应用的描述, 并为完成这些信息功能, 仿真系统所要采取的行为过程以及逻辑上和物理上的效果。基于仿真的离散性, C³I 系统仿真中信息的仿真不宜用连续变量来描述而是可以把 C³I 系统中的信息(例如: 探测系统产生的敌方情报或上级下达的指挥命令)看作是服务对象的到达, 把 C³I 系统组成部分(例如: 各级指挥控制中心, 通信中心)对信息的处理看作是对对象的服务的过程。所以构成 C³I 系统的仿真状态变量, 既有连续变量(例如: 对抗双方的兵力指数), 又有离散变量, C³I 仿真系统是一个混合状态的异步动态仿真系统。

2. C³I 系统建模与仿真是一个系统科学工程

开展大型 C³I 系统建模与仿真, 需要聚集多方面的专业人才, 需要开发大量的、各种不同类型、不同用途的模型、设备、甚至是大量的软件代码, 如何将这些人才、设备有机地组织在一起就是一个大的系统工程。

大型 C³I 系统建模与仿真中所涉及到的模型成千上万, 建模所采用的方法也各有不同, 最终, 这些模型要集成在一个网络系统中运行并进行适当的交互, 模型之间的接口的安排, 冗余度的设计等都是不能一蹴而就的, 需要反复考虑甚至是多次试验才能得到满意的结果。

3. C³I 仿真系统是分布系统

C³I 系统建模与仿真一般采用基于 DIS/HLA 的体系结构, 这种结构适合将不同地域、不同类型的仿真模型、模拟器、人有机地连接起来。

C³I 系统本身就是一个分布式系统, 所以 C³I 仿真系统的设计也适合采用分布式设计的方法, 按照功能分割的原则, 把系统划分为若干个相对独立的模块, 这些模块可以是 C³I 仿真系统的功能单元, 也可以是支持功能单元的数据库。数据处理和通信控制单元之间用局域网技术连接起来, 协调运转, 从而完成整个仿真系统的功能, 而这种方法也与基于 DIS/HLA 的体系结构相适应。

1.2.4 C³I 系统建模与仿真应用

C³I 系统建模与仿真的应用包括作战训练、装备论证和效能评估、作战研究等。

1. 作战训练

(1) 科目训练。C³I 仿真系统根据实际作战想定的需要, 建立由不同的系统配置、不同的 C³I 系统外部环境组成的战场环境。该仿真系统能够逼真地模拟各种真实的战场情况, 使利用该仿真系统能够实现各类参谋、指挥人员的作战训练科目。

(2) 协同作战指挥训练。C³I 仿真系统运用分布交互仿真技术, 将异地分布的不同型号、不同性能的各种装备的模拟器、计算机生成兵力和实装进行联网, 以虚拟战场环境作为平台, 实现陆海空作战的实时协同, 实现作战指挥的一体化, 使作战训练手段得到极大的提升。

(3) 特情事件处置训练。在 C³I 仿真系统中的模拟器和实装中设置不同的故障, 模拟装备特情事件, 提高受训人员在特殊情况下故障处理的能力。尽量减少装备事故的发生,