

# 聚合级 CGF 中的指挥 Agent 研究

王杏林 郭齐胜 杨瑞平  
(装甲兵工程学院仿真室,北京 100072)  
E-mail wangxl157@263.net

**摘要** 作战指挥决策及其实时性是聚合级 CGF 系统的重要研究内容,解决好指挥问题能减少军事作战仿真中的操作人员及其工作量,扩大作战规模,增加仿真实体特别是指挥实体的自主能力。该文回顾了国内外在指挥实体研究的进展,结合目前大规模作战仿真存在的一些问题,提出了基于 Agent 的指挥实体结构,并对其功能、工作过程、通讯形式进行了较为详细的阐述。

**关键词** 计算机生成兵力 指挥 Agent 指挥决策 作战仿真

文章编号 1002-8331-2001 22-0008-03 文献标识码 A 中图分类号 TP391.9

## Research on Command Agent in the Aggregated Computer Generated Force

Wang Xinglin Guo Qisheng Yang Ruiping

Simulation Center Armored Force Engineering Institute Beijing 100072)

**Abstract:** Battlefield decision-making and real-time plays an important role in aggregated computer generated force (CGF). A good decision-making pattern can reduce the human operators and their workload, enlarge the military simulation scale and strengthen the simulation entities' pro-activity, autonomy and reactivity. In this paper, we look back the command entities' study situation and according to the problem in large scale simulation, we design a command agent, and describe the agent architecture, present components' functions and works.

**Keywords:** computer generated force, command agent, decision-making, military simulation

### 1 引言

计算机生成兵力 (CGF) 是分布交互仿真系统的重要组成部分。CGF 分为平台级和聚合级两种。平台级 CGF 主要用于小规模战术演练, 而聚合级 CGF 则在大规模分布交互仿真中具有非常重要的意义。目前对于陆军装甲武器 CGF 已进行了机动性 (实体的物理运动特性仿真)、队形变换、以及火力等方面的大量研究工作<sup>[1]</sup>, 并取得了一定的效果。但要想增加作战实体、扩大作战规模, 要想节省网络带宽就必须要进行聚合级的 CGF 研究。文献[2]对基于 HLA 的聚合级 CGF 进行了初步探讨, 提出了关键技术和研究构想。文献[3]基于多 Agent 对聚合级的 CGF 的体系结构进行了研究, 提出了指挥 Agent。由于作战指挥决策及其实时性是聚合级 CGF 系统的重要特点, 因此进行聚合级 CGF 研究必须要解决好指挥决策问题。解决好了指挥决策问题就能提高作战实体的自主能力, 扩大作战仿真规模, 增加仿真的真实性与可信性。该文着重探讨与聚合级 CGF 的指挥 Agent 有关的问题。

### 2 指挥 Agent 研究现状

将人工智能运用到作战仿真中是仿真发展方向。特别是将 Agent 技术用于指挥决策, 外军特别是英军和美军作了大量的工作, 取得了一些成果。比较突出的要数 DARPA Stow CFOR,

WarSim2000, DARPA ASTT (Advanced Simulation Technology Thrust) 以及英军的 GeKnoFlexE (Generic Knowledge-based Flexible Enemy) 系统。

从掌握的资料来看, 在指挥和控制仿真中最早明确提出和采用 Agent 的技术的是英国国防研究局, 它在 C3I 及战场建模研究中采用面向对象、多 Agents 及基于知识的系统技术, 开发了一个叫 GeKnoFlexE 的模型<sup>[6]</sup>。其中描述指挥所的 Agent 就是 CA, 它实质上是一个知识库专家系统。在它的基础上英军又进行了 CARE (CA Research) 的开发, 目的是开发一个通用的 CA 软件和附属工具, 它把指挥层次内的每一个节点都用 CA 来描述, 每一类的 CA 都有它自身的规则集和领域知识结构, 但它仍是基于 GeKnoFlexE 的知识库, 只是改善其结构, 采用美军的 CCSIL (Command and Control Simulation Interface language) 通信语言, 并把它用于仿真 DWG (Divisional War Games), CBS (Corps Battle Simulation) 等系统。

美军明确提出基于 Agent 来构建指挥实体的是在 Stow97 的指挥部队 (CFOR) 开发研究中。它主要是开发能指挥计算机生成兵力的合成指挥实体, 这些实体仿真陆军营连指挥员、海军陆战队步兵排指挥员以及多军种中的固定翼、旋转翼飞行员<sup>[7]</sup>, 它们在无人干涉下能对不断改变的战场环境进行动态反应。STOW 中所有 CE 都采用 METT-T (mission, enemy, terrain,

基金项目: 国家 863 高科技计划 (编号: 863-306-ZD10-02-2), 教育部骨干教师资助计划 (编号: 2001JC09)

作者简介: 王杏林, 博士研究生, 研究方向为作战仿真。郭齐胜, 博士, 教授, 博士生导师, 目前主要研究方向: 系统建模, 计算机生成兵力, 计算机视觉仿真。杨瑞平, 硕士研究生, 研究方向为计算机仿真技术。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

troops available and time) 态势评估决策算法,主要由通信模块、计划生成器、跟踪器、态势感知器、地形分析等模块组成,它们被封装在指挥员对象中,具有任务分析、地形分析、计划作业、通信协调、指挥控制下级单元、战场态势监视、任务监视等功能。实体之间的通信联络是通过 CCSIL 进行的。

在 Stow CFOR 中指挥实体还存在不少缺陷,在 1997 年美军紧接着就开始了 ASTT-ASCF (Advanced Synthetic Command Forces) 研究,它主要是研究、设计一个能有效地仿真更高的指挥层次、合成军队指挥员和执行协调决策的参谋人员的高级指挥模型。它采用的方法是限制满足技术 (CS) 和抽象战术方法<sup>[9]</sup>。

WarSim2000 是替代部队作战仿真 (CBS) 而成为美军军、师参谋训练仿真系统<sup>[9]</sup>。为了减少参控人员,其在较低级 (营以下) 进行完全自动地指挥控制。它的指挥实体叫仿真指挥机构 (SCO),也是一个基于 Agent 的结构,在模型中它还考虑了一些人的因素,并开发了行为规范语言进行通讯。

另外,基于仿真演习的教训, Derrick Franceschini 提出动态可加载模块 (DLM)<sup>[10]</sup>,在演习中需要什么模块就插入什么模块,还有许多人正进行人的行为描述研究<sup>[11]</sup>,如战场压力、疲劳程度、训练水平及个人差别,使 CA 具有智能性和真实性。但目前无论是美军还是英军的指挥实体,其智能程度还远远不够,资源的重复利用性差,系统的开销也比较大。

国内对 Agent 技术的研究也早已起步,而且也取得了不少成果<sup>[14-15]</sup>,但这些研究主要集中在经济领域中,在军事上的研究就相对较少。

### 3 指挥 Agent 结构

#### 3.1 构建军事决策指挥模型应突出的问题

作战仿真中,运用 CA,能减少操作人员数量和工作量,能使演习更加真实逼真。但它的前提条件是要有一个有效的指挥决策模型。一个有效的指挥决策模型应当具有以下几个功能属性。

(1) 应当具有重新决策的能力。在同未料到的敌人进行交战后,CA 要能重新分析战场态势,以确信它仍有能力来完成当初的计划,并做适当的调整。而这个能力在当前仿真中是缺乏的。如美军的 ModSAF 就没有能力基于遭遇战结果来做指挥和决策,它只是遵循它最初的命令 (除非外部控制)。

(2) 增强对未知环境的反应能力。如前所述,所建立的指挥实体必须要有较强的反应能力,能自主地处理战场上的变化情况。

(3) 构建的系统应当具有伸缩性。它不仅应当能适应大小规模的作战仿真,还应考虑支持战术和战役 (operational) 级的计划决策。

(4) 应当支持多 Agent 的协调。现代战争是高技术条件下的联合作战,良好准确及时的协调是取得作战胜利的重要条件,因此,所构建的指挥实体结构要能保证各 Agent 间具有良好的协调功能。

(5) 考虑重用性。直到现在,指挥 Agent 是为了专门的目的而被开发,很少考虑其重用性。

#### 3.2 军事指挥决策过程描述

要对军事指挥决策进行描述就得要熟悉军事指挥决策过程。其过程步骤描述如下:

任务分析:主要是明确上级意图、本级任务、友邻的任务及完成任务的时间。

判断情况:主要是判断敌我双方情况,进行地形分析以及

作战地区的天气等环境情况。

计划生成:综合指挥所有参谋人员意见,形成初步决心 (小级别指挥员直接定下决心) 战斗发起时间,战法,兵力部署、任务区分及协同事项等等。

发送计划:也就是将计划上传下达。

计划融合:根据上级的批复以及下级的计划,形成最终战斗命令。

计划执行:想方设法完成计划,同时严密监视执行情况和效果。

重新决策:根据战场反馈信息进行重新决策。

#### 3.3 指挥 Agent 结构构造

根据以上分析可采用如图 1 所示 Agent 结构

图 1 中各个虚线框本身也是一个 Agent 结构,所以整个指挥 Agent 也就是一个多 Agent 的聚合结构。下面来看看它的工作原理及工作过程:

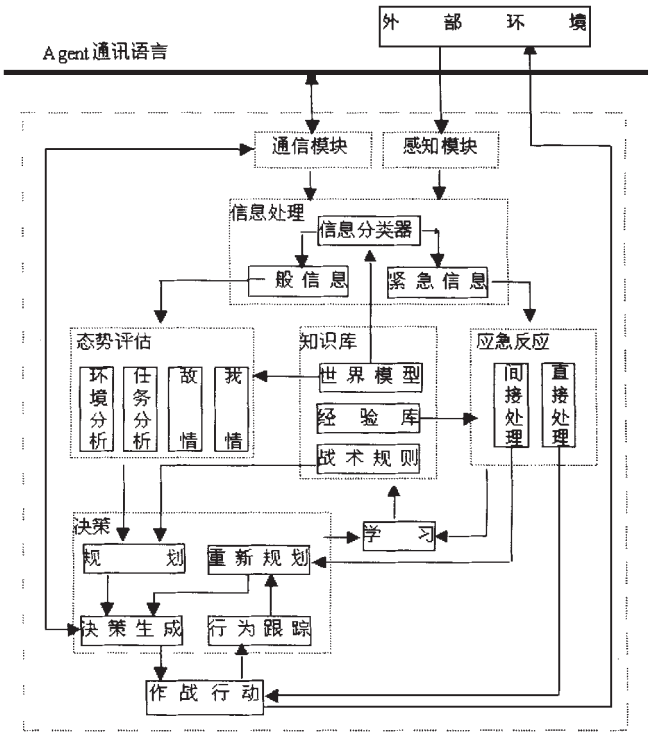


图 1 指挥 Agent 结构图

##### 3.3.1 通信模块和感知模块

通信模块主要是负责 CA 与外部的通信联络,如同级 CA 间的交互,指挥命令的上传下达等,而感知模块主要是感知外部环境的变化,并将结果传给信息处理模块。

##### 3.3.2 信息处理模块

信息处理模块接收来自感知模块、及通信模块传来的信息,包括语音指挥信号等其它战场信息,然后将其进行分类处理,这里可采用模糊逻辑方法,将这些信号进行模糊化处理,然后进行模糊推理决策,最后进行去模糊化处理,得出分类信息的属性,如果是一般的信息就送到态势评估模块,如果是特殊的信息如战场情况发生剧变,有有利战机可乘,需要马上采取行动,则将信息送往紧急反应模块。

##### 3.3.3 态势评估模块

态势评估接收从信息处理模块传来的信息,并结合知识库中的世界模型,主要是外部其它 Agent 及地理风情等情况,如

对方的作战特点,作战地区的地理特点等,然后根据这些战场信息进行环境分析(天气状况、地形分析)、任务分析、敌我情况判断等等,并将结果送入决策模块。

#### 3.3.4 决策模块

决策模块是指指挥 Agent 的核心,它根据态势评估结果并结合知识库中的战术规则进行作战规划,生成作战决策,并产生作战行动。在作战过程中时常保持对作战行动的跟踪,看是否决策有效,如果情况发生变化,则立即进行重新决策。另外,决策模块还接收由应急模块传来的信息,如下级指挥员的决策计划等,则决策模块会融合这些信息重新决策。每一次决策情况又可传入学习模块,以更新知识库。

#### 3.3.5 应急反应模块

作战中,战场情况千变万化,战机会稍纵即逝,作为指挥员必须要有及时的应变能力,以抓住战机,取得作战胜利,因此有必要将应急反应模块单独列出。这里还应注意应急有两种情况,一种是必须马上采取行动,如上级用语音指挥传来的紧急支援或加速前进等等得马上采取行动,这种情况基本上不作推理,即使推理也是采取知识库中的简单经验知识;另外一种情况是:虽然是紧急情况,但还不至于要立即采取作战行动,只是修改原有作战决策,如上级派来配属支援部队,或是下级接收到作战任务后的上报计划,则应融合这些情况而重新进行部署、决策。对于反应模块还应用神经网络进行大量的自适应学习,使它能作更加合理地反应。当然更多的情况是两种情形并行处理,一方面停止行动,另一方面重新规划。

#### 3.3.6 知识库

知识库是进行推理的知识来源,它包括对世界的认识模型,即作战地理气候环境,作战对手情况等,还包括战术规则库和经验知识库,战术规则用来进行战术推理,而经验知识用于处理紧急战场情况。同时知识库还随作战次数、经验的增加而不断更新。

### 4 指挥 Agent 的通讯

#### 4.1 指挥 Agent 的内部通讯

指挥 Agent 是由多个 Agent 构成的聚合结构,它的内部通讯可采取两种形式,一种是直接通讯,一种是黑板通讯。知识库与其它模块的通讯采用黑板通讯,其它的都采用直接通讯方式。知识库的知识存放于黑板上,其它模块可根据需要直接读取黑板上的知识。

#### 4.2 指挥 Agent 的对外通讯

指挥 Agent 的对外通讯方式取决于作战规模的大小。如果作战规模小,则采用黑板通讯和直接通讯混合方式。如作战中当指挥官给下级指挥员下达作战任务时,要介绍敌情、上级的意图、本级的任务、所属部分队的编成、配属及作战任务等等,可把所有的信息写入黑板中,让下级指挥 Agent 使用。另外在作战中还少不了直接通讯,而且大多数情况下是直接通讯方式。比如在作战过程中遇特殊情况,指挥员要对下级的下级实施越级指挥,这时就要采取直接通讯,而下级在战场中发现新情况或通知同类 Agent 或向上级 Agent 请求火力支援,此时则也要采用直接通讯方式。因此,综合以上情况,指挥 Agent 的对外通讯采用黑板通讯与直接通讯结合的方式。

对于基于 DIS/HLA 的作战仿真,如果作战规模比较大,比如一个师的作战仿真,大小实体上千个,由于通讯任务频繁,网

络负载大,则可建立一个通讯服务器 (Facilitator, 其实也是一个 Agent),专门负责各 Agent 间的通讯。各 Agent 都得保存通信服务器的地址。每个 Agent 在启动时将自己的有关信息(名称、地址、能力、状态等)向服务器登记,并在退出时删除自己的信息。在需要其它 Agent 的信息时向服务器询问。其通讯模型如图 2 所示。



图 2 一类多 Agent 系统通信模型

### 4.3 通讯语言

Agent 间的通讯语言用得较多的有 KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) 和美军的 CCSIL,这里可采用中国科学院计算机研究所基于 KQML 开发的 SACL (Software Agent Communication Language) 语言<sup>[4]</sup>。

### 5 结束语

把人工智能、模糊神经网络用于作战仿真的研究是作战仿真建模发展的方向。该文回顾了基于这些智能技术的指挥实体研究发展的简要情况,并提出了自己的实体框架结构,讨论了各部分的组成功能及通讯方式,为下一步的开发打下基础。

(收稿日期:2001 年 7 月)

### 参考文献

1. 杨立功. M1A2 坦克的仿真[D]. 硕士学位论文. 装甲兵工程学院, 2001.2
2. 郭齐胜等. 基于 HLA 的聚合级 CGF 初探[J]. 计算机工程与应用, 2001, 37 (19): 41-43
3. 王杏林, 郭齐胜. 基于多 Agent 的聚合级 CGF 系统的体系结构研究[J]. 计算机工程与应用, 2001, 37 (19): 64-66
4. 史忠植. 智能主体及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.12
5. 赵龙文, 候义斌. 智能软件: 由面向对象面向 Agent[J]. 计算机工程与应用, 2001, 37 (5): 41-43
6. Lankester H G, Robinson P K. GeKnoFlexE: A Generic Flexible Model of C3I[C]. Proceedings of the Fourth Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation, Orlando, FL, 1994.5
7. Robert B Calder. Command Agents in Simulation and Training[C]. Proceedings of the Seventh Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation, Orlando, FL, 1998.5: 12-14
8. Rob Vrablik. Building Better Command Behaviors[C]. Proceedings of the Eighth Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation, Orlando, FL, 1999.5
9. Clark R Karr. Modeling Command and Control in WARSIM2000[C]. Proceedings of the Eighth Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation, Orlando, FL, 1999.5
10. Derrick Franceschini, Jeffrey Zimmerman. CGF System Composability through Dynamically Loadable Modules[C]. Proceedings of the Eighth Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation, Orlando, FL, 1999.5
11. Jeffrey Whitmore, Phillip Tessier, Matthieu Dalrymple. Adding Humanness to a Command and Control Agent[C]. Proceedings of the ninth Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation, Orlando, FL, 2000.5