

作战辅助决策多智能体系统体系结构^①

屈 强 彭 军 黎大元 (中南大学 信息科学与工程学院 湖南 长沙 410083)

摘 要: 针对现代战争中作战节奏越来越快、决策问题越来越复杂、越来越多的问题无法抽象成数学模型等特点,设计一种分层的基于多智能体的作战指挥辅助决策系统。系统分为决策层、决策辅助层和数据平台层,以通用信息处理平台为支撑,提供情报分析处理、方案评估、计划推演等功能,直接面向用户进行决策交互;并采用协同机制、驱动和知识学习机制等多智能体技术,确保系统反应快速灵活,决策实时正确,实现人机智能结合。

关键词: 作战指挥辅助决策;多 Agent 系统;体系结构

Architecture of an Operational Decision-Making Support System Based on Multi-Agent

QU Qiang, PENG Jun, LI Da-Yuan

(School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: This paper designs a hierarchical operational decision-making support system based on Multi-Agent. The system is divided into decision-making, decision-support and data platform layer. It has functions like intelligence analysis, program evaluation, plan Deduction, and directly interacts with user through the general information processing platform. And the use of multi-agent technology such as collaborative mechanisms, drive mechanisms and knowledge-learning mechanism can ensure the system to respond fast and flexibly, to make correct decision in real time and to realize the intelligent human-machine combination.

Key words: operational decision-making; multi-Agent system; system architecture

1 引言

现代作战中,各种信息流纵横交错,战场信息千头万绪,作战节奏越来越快,决策时间越来越短,决策问题越来越复杂,越来越多的问题无法抽象成数学模型,传统的量化方法已经满足不了现代战争决策的要求和需要。

20 世纪 80 年代,出现了人工智能(AI)的专家系统(ES)和决策辅助系统相结合的智能决策辅助系统(IDSS)^[1]。智能辅助决策系统的应用极大地提高了现代作战中的作战辅助决策的效率。

但传统的 IDSS 仍存在许多问题。其一就是 IDSS 各部件提供智能支持时,其学习行为大多是静态的、被动的,限制了智能辅助的灵活性和适应性。其二是系统的复用性不强,不利于系统的重构。其三是对半

结构化和非结构化的问题处理能力不强^[2-7]。

而基于多智能体(Multi-Agent)的作战辅助决策系统能够快速灵活地反应外界环境变化,对不同决策者具有较高的适应性;分系统可以包装为系统下一个或多个独立的 Agent 体,增强系统的复用性,允许系统的重构,系统的开放性得到加强;为基于网络环境的半结构化和非结构化数据的分布式处理方案提供了强有力的工具。

本文对实现多智能体系统的关键技术进行研究,提出一种用于作战辅助决策的多智能体系统的体系结构,并重点研究关键的决策 Agent 的模型结构。

2 系统实现的关键

2.1 协同机制

在作战辅助决策多智能体系统中,各 Agent 之间

① 收稿时间:2009-07-15;收到修改稿时间:2009-08-29

都或多或少存在着合作方式,单个 Agent 仅能实现其特定的功能,因此需要各 Agent 协同工作以实现完整的作战指挥决策功能。目前已有的协作方式都是通过 Agent 之间的通讯来实现的,通讯方式主要两类:黑板方式和消息/对话方式。此外,还有广播消息传递方式,广播是消息发送给一组 Agent 的形式,是多于两个的 Agent 之间的行为。

整个系统中 Agent 之间的通讯采用直接消息交换方式,可通过 ACL(Agent 通信语言)实现,它能根据 Agent 通信的需求(单播、广播、组播和选播),指定 Agent 通信动作的类型,以及发送者、接收者和其他信息。不同的 ACL 在具体的消息类型和格式上有差异,目前主要有两种 ACL: KQML(Knowledge Query and Manipulation Language)和 FIPA(由智能物理 Agent 组织开发的) [4]。

2.2 驱动方式

系统中各 Agent 以什么方式驱动是作战辅助多智能体系统设计中需要研究的一个问题,文献 8 提出了目前常用的四种方式:控制驱动、数据驱动、要求驱动和事件驱动。控制驱动并行性差,数据驱动具有面向对象的工作特征,要求驱动既可实现较高并行性,又可避免“数据积压”,事件驱动是一种包含数据驱动和要求驱动的更为广义的驱动方式。考虑到作战辅助决策在横向上具有分布性,在纵向上具有分层性和时序性,因此,为提高辅助决策支持的效率,应采取控制驱动和事件驱动相结合的方式,即在纵向决策 Agent 和其他 Agent 之间采取控制驱动方式,在横向上情报分析处理 Agent、方案评估 Agent 和计划推演 Agent 之间采用事件驱动方式。

2.3 知识学习

由于战争形态、作战样式和战场环境的变化,以及部队装备的更新换代和组织运用方式的改变,必须对知识库进行不断更新充实,即进行知识学习,这是进行作战辅助决策的知识来源。常用的学习方法有机械学习、示教学习、案例学习、解释学习、类比学习和发现学习等,由于知识的多样性,对不同领域的知识应采取相应的学习方法,如战场环境知识可采用示教学习,战术规则库应采用类比学习和发现学习,经验知识库则应采用案例学习和类比学习,此外,还可采用神经网络和遗传算法等,尽可能对各种方法加以综合运用。

3 作战辅助决策多智能体系统的体系结构

3.1 作战辅助决策多智能体系统体系结构

辅助决策是作战指挥员分析判断情况、确定作战方针、定下作战指挥决心和制定实现决心的行动计划(制定作战计划、组织协同动作、组织各项保障等指挥活动)的重要手段。通过辅助决策系统可以实现作战预测,拟制、评估作战决心预案、方案、计划,辅助指挥员选择决心预案、方案,优化各级作战方案、任务分配、火力实施分配,以及实现作战计算与地形分析、作战模拟与仿真功能 [2]。

用基于混合式结构的 MAS 体系来构建作战指挥辅助决策系统,利用 Agent 主动性、反应性、智能性、社交性等的特点及 Agent 间的通信、协调机制,对网络决策者的决策过程进行智能辅助支持。其中,决策者可通过网络不断获取外界信息,环境的任何变化都可以反应到决策过程中。问题的分解是动态的,决策者可以按照自己的思维习惯、决策方式及经验分解问题。另外,通过 Agent 合作机制,决策者可以了解或学习其它决策者的意见和观点,对自己的初始观点不断修改和补充。

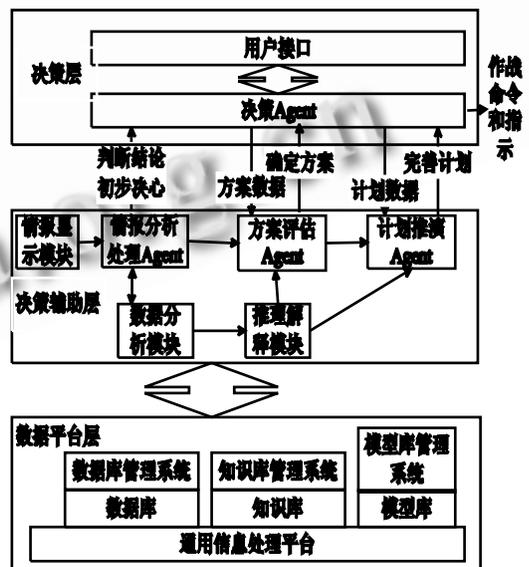


图 1 作战辅助决策多智能体系统体系结构图

本文设计的作战智能辅助决策系统是以通用信息处理平台为支撑的直接面向用户交互的分层体系结构(如图 1),共分为三层,分别是决策层、决策辅助层和数据平台层。决策层由用户接口和决策 Agent 组成;决策辅助层包括情报分析处理 Agent、方案评估

Agent、计划推演 Agent 以及数据分析模块、推理解释模块;数据平台层由通用信息处理平台和数据库、知识库、模型库等组成。

3.2 决策层

决策层由用户接口和决策 Agent 组成。

用户接口:用户接口是用户与系统主要的交互界面,敌情、决策均通过用户接口进行交互,此外,地理状况和部队部署也通过用户接口进行态势显示。态势显示含参数显示和图形显示两种类型。参数显示主要显示敌情、火力分配和战术计算数据。图形显示含地图、部队部署、敌情、决策等。

决策 Agent:决策 Agent 能在指挥员的操作下自动生成各类文字或表格格式作战文书,能在数字地图上标绘各种要图,能进行作战筹划计算,能对我军和敌军有关理论知识、装备性能、编制序列、兵要地志等信息进行查询。

3.3 数据平台层

数据平台层由通用信息处理平台、数据库、知识库和模型库组成。

通用信息处理平台:是为作战指挥应用软件开发提供通用功能,简化开发过程的一组规范、方法和接口技术标准的集合。具有操作系统和商用成熟软件所提供的一些服务功能,为面向各种应用系统的开发提供通用的核心支撑模块,主要以组件的形式提供矢量地图显示、军队标号显示、文书拟制、信息传递以及数据访问等服务功能。此平台是整个作战指挥信息系统运行的基础和先决条件,系统运行过程中对环境的要求、基础信息的访问、信息的传递等都依赖它来完成。

数据库:数据资源分为静态数据和动态数据,静态数据是平时部队维护和管理的数据,作战过程中相对稳定不变,动态数据是作战过程中产生的不断变化的数据,是指挥员了解战场态势、推测敌方行动和实时决策的依据。主要实时保存观测到的动态战场态势数据并存储各种武器装备战术性能参数、兵力编制、地形地貌数据、气象水文资料、社情、运算过程的动态参数等。

知识库:知识库包括目标库、环境库、战术规则库,主要存储战役战术原则、兵力兵器使用原则;各种典型想定,包括战场环境、作战企图和态势,评估作战进程所必需的基本算法。

模型库:模型库主要存储与作战有关的敌我双方各种武器系统模型、线性和非线性规划模型、推理分析模型、预测模型、模拟试验模型、优化模型、评估模型、综合运筹模型、数据处理模型、图形图像报表模型、智能模型等。

3.4 决策辅助层

决策辅助层由情报分析处理 Agent、方案评估 Agent、计划推演 Agent 组成。

情报分析处理 Agent:情报分析处理 Agent 获取来自于技术侦测系统、人工情报系统、战场管理系统以及情报数据库系统的情报信息,有效地管理各类信息,并能对指挥信息系统收集的情报信息进行处理,从海量的信息中提取关键情报,供决策者判断情况和进行作战筹划。

方案评估 Agent:方案评估 Agent 评估的内容十分广泛,涉及目标选择、兵力协同、作战保障等战役范畴内容,以及主要战斗计算和武器效果评估等战术范畴内容。能对决策 Agent 提交的方案数据进行评估、排序、优选,主要对方案在与作战目标的符合程度,方法、力量使用的恰当程度,作战效益和风险的大小,与战场情况及其可能变化的恰当程度进行评估,以排除计划中的明显不足和协助决策者寻求满意的解决方案。

计划推演 Agent:计划推演 Agent 根据作战任务和战场具体情况,运用模拟技术选择适当的描述作战过程和作战环境的军事模型,对输入的作战方案计划进行动态推演,模拟实际作战行动,并用图像、文字、图表方式显示,从而预测作战的进程和结果。通过对输出的结果的分析,比较各种作战方案计划的优劣并进行修订,为指挥员最后定下作战方案计划的提供科学参考。

4 决策Agent的结构

决策 Agent 是作战指挥辅助决策系统中最重要的智能 Agent,系统的几乎所有的辅助决策行为都由它来完成,因此,对其结构和功能的设计十分重要。

决策 Agent 由指挥作业模块、方案拟制(生成)模块、计划拟制(生成)模块和实体部署模块组成(如图 2 所示)。

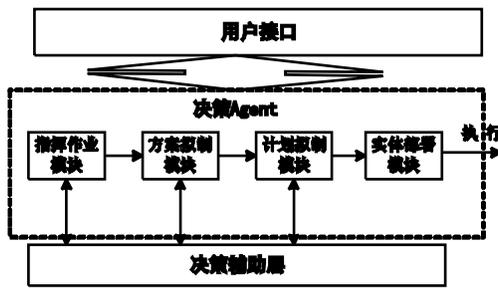


图2 决策 Agent 的结构

方案拟制(生成)模块:能够从情报分析处理 Agent 获取经过提炼的综合情报,在数字地图上拟制和编辑图文笔记式方案,能够用模板的形式制作并生成具有格式化数据的方案,能够依据规则和模型自动或半自动生成方案,并将方案送方案评估 Agent 进行评估,能够根据方案评估 Agent 返回的评估结果在指挥员的控制下修改和编辑方案。

计划拟制(生成)模块:能够使用方案拟制(生成)模块提供的方案数据并在此基础上拟制计划,拟制和编辑图文笔记式计划,以模板的形式制作并生成具有格式化数据的计划,能够依据规则和模型自动或半自动生成计划,并将生成的计划送计划推演 Agent 进行推演,能够根据计划推演 Agent 返回的推演结果在指挥员的控制下修改和编辑计划。

实体部署模块:能够对部队单位进行编组、配置,能够针对不同类别的部队单位设置其相应的格式化数据计划命令,能够设置开进路线、进行开进编组和部署,能够分层、分类显示和检查已部署单位的有关信息,能够输出打印各单位编组和任务。

决策 Agent 通过用户接口与指挥决策人员进行交互,接受指挥员的指示和命令,并将拟制的方案、计划以及决策辅助层返回的评估、推演结果显示给指挥

员,由指挥员进行作战指挥决策。决策 Agent 拟制的方案需要通过评估 Agent 的评估,制定的计划需要通过计划推演 Agent 的推演,根据返回的结果对方案和计划进行优化和完善,但在时间紧迫的情况下,也可不经评估和推演而由指挥员决定直接实施。

5 结语

本文基于多 Agent 理论技术构建了作战指挥辅助决策系统的框架,研究了系统各部分的组成和功能,对决策 Agent 的结构进行了设计,并对实现该多智能的系统的关键技术进行了探讨。为构建人机智能结合的作战指挥决策辅助系统打下了坚实的基础。下一步需要重点研究 Agent 间的协商机制和模型算法、Agent 间的通信以及 Agent 的智能行为的具体实现等。

参考文献

- 1 尹朝庆,尹皓.人工智能与专家系统.北京:中国水利水电出版社,2001.
- 2 李策,刘卫国.合同战斗计算机辅助决策系统的体系结构.计算机仿真,2008,25(3):12-16.
- 3 樊玮,陈增强,袁著社.基于 Agent 的智能决策支持系统模型.计算机科学,2004,31(1):122-115.
- 4 王斌,张莞学,陈松乔. Agent 通信模型.中南工业大学学报,2004,33(2):209-213.
- 5 李宏刚,吕辉,刘兴堂.基于 Agent 的军用大型复杂系统建模仿真.中国工程科学,2004,6(8):41-44.
- 6 沈宇,阎礼祥,钟静,崔洪锋.通信指挥分布式智能 GDSS 体系结构研究.军事运筹与系统工程,2007,21(1):27-31.
- 7 史经举,陈亮,李红甫.战役辅助决策系统功能需求研究.军事运筹与系统工程,2008,22(2):36-39.