

一种基于 MAS 的作战指挥智能运作模型研究

赵 辉, 谭天晓, 赵宗涛

(西安高技术研究所计算机室, 西安 710025)

摘 要: 研究了一种多智能体系统的实体结构 (EACSS), 设计了作战指挥智能体 (CCA), 并就其各模块功能进行了分析。该系统采用模糊决策方法设计了约束推理模块, 用以模拟人的思维推理过程, 完成对推理依据信息的存储以及应用。对 EACSS 进行了性能分析, 对进一步研究智能体在作战指挥系统中的应用具有一定的实用价值。

关键词: 多智能体系统; Agent; 模糊决策

Research on Military Intelligent Operation Model Based on MAS

ZHAO Hui, TAN Tianxiao, ZHAO Zongtao

(Division of Computer Science, Xi'an Research Inst. of Hi-tech., Xi'an 710025)

【Abstract】 This paper proposes EACSS, an entity structure of the MAS. The design of each module of command-control agent (CCA) is introduced, as well as the function is analyzed. The restriction-reasoning module adopts the fuzzy decision strategy and imitates the process of thought to store and apply information. The performance of EACSS is analyzed. All those help to further study the application of agent for command and control in warfare.

【Key words】 Multi agent system(MAS); Agent; Fuzzy decision

在作战仿真系统中, 对武器装备、战场结构及敌我双方兵力消耗的动态情况, 借助于数据库及微分方程数学模型均可进行一定程度的描述, 但在作战指挥系统中对动态指挥的人的智能行为如何抽取其数学模型, 仍是研究的难点, 主要原因是它涉及到人工智能及系统科学的若干领域, 而这些领域仍在研究和发展之中, 严重影响对作战过程的数字仿真。

Agent理论和技术的研究与应用, 给解决这一问题提供了一条途径。尽管对Agent的结构以及运作过程从不同角度有着不同的理解^[1], 但我们认为, Agent是属于描述人的智能行为的信息系统结构, 包括硬件、软件, 在不同的领域范围内具有不同的结构, 显现的特征也不同。

从仿真航天火箭发射工程和作战对抗模拟的实践中, 感到模拟部队指挥需要抽取其动态过程的数学模型。例如, 生成作战方案的运作机制的形式化描述。只有这样才能实现作战仿真的自动化和对指挥系统进行定量评估。

本文提出了一种多智能体系统结构EACSS。较之现有一些结构^[3,4], 其主要特点是:

- (1)能适应多个作战单位一体化作战指挥的需求;
- (2)运作灵活、实时性强;
- (3)易于实现、扩充维修;
- (4)适于体现在分布式环境下群体决策。

1 EACSS 体系结构、功能及运作流程

1.1 EACSS 体系结构及功能

作战指挥系统的抽象描述, 一般是一个多层次的树形结构, 上下级之间的关系是主从式的。

图 1 是一个三层作战指挥系统。

在军事行动中的命令控制智能体 (Command-Control Agent, CCA) 有一个直接指挥其的上级智能体 (命令由其下达) 和一个或多个下级智能体 (命令由其执行), 按照层次

来传递报告和请求, 同级智能体之间同时存在请求与协作。

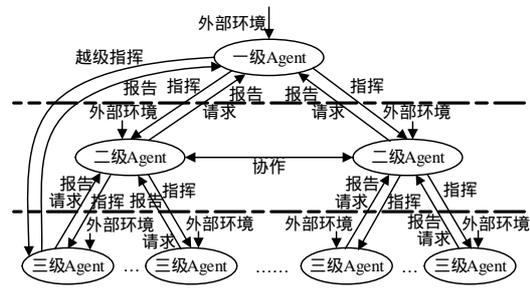


图 1 3 层作战指挥系统示意图

军事行动中的 CCA 由于外界环境的不断变化, 会遇到各种不同的情况。CCA 不但要保持对紧急情况的及时反应, 还要使用一定的策略对中短期的作战行为作出规划, 通过对外部环境和其它主体的建模的分析来预测未来的状态, 由通信接口实现与其它主体的协作或协商。在作战模拟中这些功能需要同时存在, 而且还要能够提供良好的实时性。这些功能基本上是可以独立的, 而且每种功能需要采用不同的算法, 对 CCA 结构进行如下设计, 即在一个智能主体中有机地组合了多种相对独立、并行执行的智能形态。如图 2 所示。

以下对 CCA 中各主要模块进行简要说明:

(1)感知反应器。感知外部环境以及上级命令信息的输入, 并将信息送至信息处理模块建立模型。

(2)紧急反应模块。主要任务就是使智能主体能够对突发事件作出快速反应, 紧急反应模块不做任何推理, 它由感知信息直接映射到具体的某种行动。紧急反应模块所产生的动

作者简介: 赵 辉(1975 -), 男, 博士生, 主研方向: 智能决策支持系统; 谭天晓, 博士生; 赵宗涛, 教授、博导

收稿日期: 2006-03-09 **E-mail:** china66600@163.com

作具有最高优先级，命令生成器立即生成具体命令或行动，而把从约束推理模块送来的动作中断。

(3)规划模块。负责建立中短期的行动目标。规划是一个局部的规划，每个主体根据目标集合、自身的状态、自己对世界和其它主体的模型以及以往的经验规划自身的行为，而不是由某个主体对全局进行规划并将命令分发给其它主体；主体并不需要对它的目标做出完全的规划，而只要生成近期的动作序列就可以了。

(4)信息处理模块。维护和更新主体对环境和其它主体所建立的模型，根据当前感知的信息和数据库中的信息对近期的情况作出预测，并提出行动建议。从提供的模型库中得到关于世界的基本模型，然后在生存期内通过感知以及与其它主体的通信来修正模型。模型提供了预测的基础，被规划模块用来建立行动计划；同时，建模模块使用模型和当前感知信息预测将出现的情况，并将行动的建议提交给决策模块。

(5)约束推理模块。其输入有规划模块生成的行动计划、信息处理模块的预测和行动建议的请求等。它的主要工作是作出判断，决定当前的动作。它运用经验库中的知识对信息处理模块处理得到的外部信息和其它 Agent 的通信信息进行进一步的分析、推理，制定决策。

(6)命令生成器模块。具有命令格式库，可根据约束推理结果提取主要因素，选择相应的命令格式，产生具体的命令信息或行动方案，并作为输出信息传递给下一级智能体。

(7)通信接口。其任务是完成 Agent 与系统中其它 Agent 进行交互的作用。提供通信接口，使智能体能够与其他智能体传递命令、报告、请求等信息。

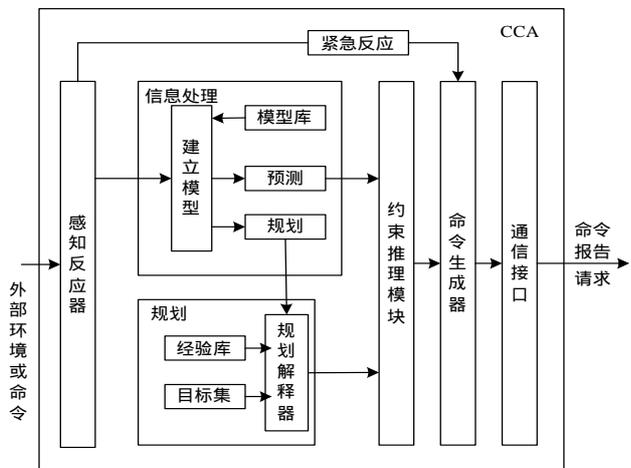


图2 CCA模块结构

1.2 EACSS 的运作流程

(1)一级 CCA 根据外部环境的具体情况，经过感知、信息处理、规划、约束推理直至产生与外部环境相适应的命令，以命令的方式通过通信接口传递给二级 Agent，当遇到紧急情况或其它需要时可以越级指挥，直接指挥三级 Agent。

(2)二级 Agent 通过感知器获得上级传递和外部环境的信息，将其传递到信息处理模块，信息处理模块根据信息建立模型。规划模块用其来建立行动计划，信息处理模块使用模型和当前感知信息预测将出现的情况，并将行动的建议提交给约束推理模块。经过约束推理模块后，最后产生具体的命令信息，然后通过通信接口传递到下一级。并且向上级 Agent 报告响应情况。

(3)三级 Agent 获得上级 Agent 的命令后，经过信息处理、

规划、约束推理最后产生具体的行动方案，并付诸实施。同时把实施情况向具体指挥它 Agent 进行报告。

1.3 约束推理模块的设计

智能Agent是带有目标，具有对自身及环境进行逻辑推理的能力，代表用户进行行为的计算实体，具有学习、解释和推理能力^[1]。我们采用模糊聚类分析技术来设计推理机。

聚类分析是知识发现的重要方法，聚类是根据数据的不同特征，将其划分为不同的数据类。使得属于同一类别的个体之间的距离尽可能得小，而不同类别上个体间的距离尽可能得大。然而在很多情况下，许多事务的类与类之间并无清晰的划分，边界具有模糊性，它们之间的关系更多地是模糊关系^[2]。因此，对于这类事务的分类应该使用模糊聚类分析。

建立仿真模型的中心问题是模拟人的思维推理过程，完成对推理依据信息的存储、应用以及更新，最终解决外部信息与推理机的信息交互问题。因此，对约束推理机进行如下的设计，如图3所示。

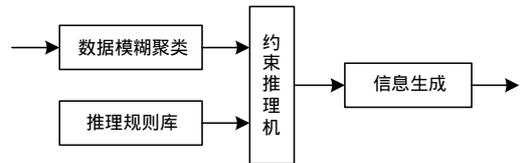


图3 约束推理模块结构

信息生成其任务是根据约束推理机所进行的推理完成具体的信息输出。推理规则数据库则是把“if-then”规则转换为约束推理数据规则。从而形成决策的具体产生。

进行模糊聚类的具体步骤是：

(1)建立数据矩阵

设 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为被分类的对象，每个命令又是由 m 种因素表示，如下：

$$x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

这样就得到了原始数据矩阵 $X = (x_{ij})_{n \times m}$ 。

由于各种因素所处的地位不同，作用也不一样，用权重 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 来描述。

(2)建立模糊相似矩阵

x_i 与 x_j 相似程度 $r_{ij} = R(x_i, x_j)$ 通过下式来确定。

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m |x_{ik} - x_{jk}|}{\sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_i)^2} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}}, \quad \text{其中 } \bar{x}_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m x_{ik}.$$

(3)聚类

由(2)中求出的 n 阶模糊相似矩阵 R ，用平方法求其传递闭包 $t(R)$ ，它就是将 R 改造成的 n 阶模糊等价矩阵。在让由大变小，就可以形成动态聚类图。

采用模糊综合评判决策来设计约束推理机。由于对一个对象（如命令）的评估，一般涉及到多个因素或多个指标，而不能只从某一因素的情况去评估对象，因此模糊综合评判决策是对受多种因素影响的对象做出全面评价的一种十分有效的多因素决策法^[2]。

设 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 为 n 种因素（或指标）， $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 为 m 种评判（或等级）。由于各因素所处地位不同，作用也不一样，可用权重 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 来描述，模糊综合评判决策方法的步骤是：

(1)建立模糊综合评判矩阵

(下转第 175 页)