

一种建议集成 Agent 的军事仿真方法

杨凡, 常国岑, 段弢, 花文健
(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要: MAS 是对复杂动态系统进行建模仿真分析的一种有效工具, 建议集成是 MAS 中有效利用 Agent 资源的一种手段。使用 CBR 方法对建议建模, 在传统 Agent 模型的基础上增加对建议集成的支持, 并通过一个空中支援 Agent 仿真方法的实例具体说明了该模型在军事仿真上的运用。

关键词: 多智能体; 建议集成; 案例推理; 建议智能体

中图分类号: E917 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2004)04-0043-04

近年来, 随着对多智能体系统 (Multi-Agent System, MAS) 研究的深入, MAS 已经成功运用于空间探索和紧急救援^[1]的复杂任务处理, 而其在军事行动上, 尤其是指挥控制的仿真上的应用也越来越多。智能体 (Agent) 的结构是 MAS 的重要基础之一^[2-4]。正如 Carpenter 所讲^[5]: “很难对 Agent 而进行手工编码, 从而可在任何态势下使用它”。即使在同一任务环境中, MAS 中各 Agent 也会在观点的全面性、对环境理解程度、处理和推理的能力等方面有差异。但为共同完成任务, Agent 也必须进行通信和协作。因此在特定的任务环境下, 应研究相对通用的 Agent 结构, 使其能够在通信中互相协作, 尤其是提供建议和吸取建议。

因此本文使用一种通用结构以支持对建议的集成。结构分为两层, 在不破坏现有 Agent 结构的基础上增加了对建议智能体 (Advice-Taking Agent) 的支持。文中还通过一个空中支援 Agent 仿真方法的实例说明了该 Agent 结构在军事上的运用。

1 一种通用的基于建议集成 Agent 模型

动态环境中的 Agent 不可能自主给出所有问题的最佳解决方案, 所以 Agent 应利用外部的信息体所给出的建议, 以得到一种较好的解决方案。建议与信息是有区别的两个概念。信息是一个广义概念, 在 MAS 中, 环境不停向 Agent 提供信息, Agent 通过感知器不断获得外部信息, 然后 Agent 根据其知识库决定如何动作。建议则是具有问题解决方案形式的信息, 不包括未经处理的原始信息。建议往往来自对态势更全面的认识, 例如“在问题 P 中, S 应该会有些作用”。不过使用这些建议的 Agent 不一定必须了解这种形如 (P, S) 的建议是如何得出的。总之, 建议是一种案例推理系统的案例, 这种案例形如 (P, S), 具有问题和解决方案。

在复杂系统中, 若没有外部资源的帮助, Agent 几乎不能独立完成任务。例如在救援工作等紧急状况中, 人类资源是必须的, Agent 应能听取和信任人类建议。但是 Agent 对不同信息源的信任度不一样, 因此需要信任度因子 (Trust Factor)。信任度存在于 Agent 的思维中, 比如, Agent 对未知信息源的信任程度设置为默认值。此概念引发了 MAS 研究的两个新分支, 之一是研究 Agent 的信任度级别将会如何影响其建议集成过程; 之二是对多源建议系统的研究。在后者, Agent 何如处理建议体的观念的全面性非常重要。

为使 MAS 中的通信标准化, 任何 MAS 都需要一种描述通信的标准语言。因此, 建议体的结构应包括建议编码器 (Advice Encoder) 的部件。相应的, 接收建议的 Agent 应具备建议解码器 (Advice Decoder)。

据以上分析, 可提出一种通用的建议集成 Agent 结构, 其主要部分有: ①传统 Agent 结构 (Agent's Old Structure); ②结构精炼器 (Structure Refiner); ③建议适配器 (Advice Adapter)。3 种部件构成两层结构, 顶层

收稿日期: 2003-12-26

作者简介: 杨凡 (1976-), 男, 四川新津人, 博士生, 主要从事 C³I 系统理论和技术研究;

常国岑 (1945-), 男, 河南南阳人, 教授, 博士生导师, 主要从事 C³I 系统一体化研究。

包括结构精炼器和建议适配器,底层是传统 Agent 结构。这种结构是对传统结构的一种改进,主要目的是为了建议集成。

1.1 传统 Agent 结构

该层即为能独立工作的 Agent 的传统结构。这方面已经有很多研究成果,如 BDI 模型,它主要是用一些参数来描述其功能,此外还具备参数操作接口。

1.2 结构精炼器

实践已经证明描述 Agent 的结构和算法的参数应该是动态的。因此,针对不同状况,应该有一种系统的方法在系统运行时分析这些参数。在此我们采用 CBR 系统分析方法。在 CBR 中,不同 Agent(建议体)中表征以往成功经验的各种参数、执行结果等都是案例,而且这些参数值与 Agent 结构无关。

结构精炼器引入了一种构建在传统 Agent 结构之上的案例推理机制。当 Agent 运行时,结构精炼机制改变底层(传统)结构与算法的参数,由此改进底层结构以确保 Agent 能充分考虑建议,从而到达支持建议集成的目的。

这种 CBR 的案例结构和其它 CBR 系统一样,是一个问题—方案对(Problem - Solution Pair)。其中,问题和建议中的问题 P 结构一致,即简单地使用一系列基于输入空间(环境)的条件表征一种态势或 Agent 的状态。但是方案与建议中的方案 S 不同,是一些底层结构的参数。例如,它可能是遗传算法中的一些算法因子,或神经网络的阈值、权重等,也可能是方案的参数(表征、相似度或适配参数)。在 Agent 的运行期间,为最佳地利用和 Agent 运行有关的各种建议,一些案例会改变其参数或重构其成分。这种案例的重构是当前态势的函数,相应地,Agent 会搜索其知识库,寻找与当前态势相同或近似的每一条建议。

当使用案例来精炼 Agent 的结构时,结构精炼器利用多种重构机制得到多种案例,每个案例都有一个表征其信任度值的权重。由此,它实际上为 Agent 提供了该案例集成的级别或深度的参考信息,例如,若某一案例为完全可信,则 Agent 应全力遵循该建议。因此要得到重构后的案例,就必须将此权重应用于 CBR 的成分适配过程。

$$Case_i = (Problem_i, Solution_i) \quad (1)$$

其中 $Problem_i$ 和 $Solution_i$ 是某一态势和与之相关的参数,由此得到:

$$Final_Solution = \sum_i (S_i \times T_i \times Solution_i) \quad (2)$$

其中, S_i 是案例 $Case_i$ 的问题集与当前态势的相似度。 T_i 是 $Case_i$ 的信任度值。这种模型突出了相似度和信任度高的案例,更符合实际。由此解决了 Agent 对建议源的信任度的考量和多源建议的融合问题。

1.3 建议适配器

由于建议结构是一个问题—方案对,其中问题和 CBR 系统中案例的问题一致,而方案对应于底层的一些参数。建议适配器就是完成方案与底层参数的映射部件。所以建议适配器不能和底层结构截然分开,而且在实践中,建议适配器与底层参数的映射可能是静态或动态的。例如,启发式函数就是一个简单的静态映射,而神经网络方法则可用于动态映射。

2 实例

为说明其应用,我们将这种基于建议集成的 Agent 模型运用到一个具体的军事行动上。

设问题为红、蓝军对抗。蓝军情报系统获得红军的运输路线,派军袭击红军运输队,并在其运输路线上设置了一些障碍。红军为保证后勤保障,派出几支清障小队清理障碍,并派出几支救援小队寻找被蓝军袭击的运输队,救援队将搜寻红运输队并护送其安全到达目的地,同时派出空中支援部队,空中支援小队利用战机消灭蓝军、打通道路、支援地面部队完成任务。

现针对红军进行仿真分析,使用以下 Agent: 救援指挥部 Agent、救援小队 Agents、清障指挥部 Agent、清障小队 Agents、空军指挥部 Agent、空中支援小队 Agents。任务目标为各 Agents 协作,将运输队安全送到目的地。

2.1 空中支援小队 Agents

这里重点研究空中支援小队 Agents。将其简称为 ASA(Air Supporting Agents),它的底层结构主要有 3 个部件(向某地机动,离开某地,帮助其它 Agent),ASA 每次行为都将选择其中一种。为此,ASA 需要为这 3

个部件分别分配权植 P_1 、 P_2 、 P_3 ,取权植最大者作为动作选择的依据。以“向某地机动”为例,在仿真环境中,各道路均有其 ID 号,而 ASA 依自己的态势知识为各道路 ID 赋权植。由于 ASA 不可能具备完备的态势知识,因此只能采用近似方法进行相对评估。对道路 ID 赋权植的基本依据是需要帮助的程度越高,离某 ASA 越近,则该道路对该 ASA 的权植越高。

2.2 针对 ASA 的建议

依建议源不同,对 ASA 的建议主要有以下几种:

1)来自清障小队 Agents 的建议有 2 种。一是求助建议(HELP, Sender_id, Priority_id, Road_id)。其中,HELP 为建议标示,Sender_id 为发送者标示,Priority_id 为发送者从自己观点给出的建议权植,即发送者所认为的需要帮助的必要性程度,Road_id 为需帮助的路线标示;二是飞行路线选择建议(ROUTE, Sender_id, Correctness, list_Of_Point_ids)。其中,ROUTE 为建议标示,Correctness 为发送者从自己观点给出的建议权植,即发送者所认为的所选择路线的可靠性程度,list_Of_Point_ids 是所选的飞行路线,它用一系列的飞行关键点的连线表示。

2)来自救援小队 Agents 的建议和来自清障小队 Agents 的建议类型一致。

3)来自其它 ASA 的建议有 2 种。一是求助建议 HELP;二是赋值建议 PRIORITY。由 3.1 节中 ASA 的结构可知,在其选择行动之前必须为 3 个部件赋权植,当某 ASA 认为自己掌握了比较完备的态势知识后,它就为其它 ASA 给出赋权植的指导性建议(PRIORITY, Sender_id, Correctness, Sender_Position, Pairs_Of_Point_ids_Values)。其中,PRIORITY 为建议标示,Correctness 为发送者从自己观点给出的建议权植,即发送者所认为的所选择路线的可靠性程度,Sender_Position 表示发送者认为该在何种态势下采纳此建议,Pairs_Of_Point_ids_Values 是所选的一系列飞行路线及其权植。

4)来自空军指挥部 Agent 的建议。由于通信条件较好,知识较完备,所以来自空军指挥部 Agent 的建议是普适建议(REGION, Region_id, Value)。REGION 为建议标示,Region_id 为需帮助的地区标示,Value 为该区域需帮助的紧迫性权植。

5)来自操控人员的建议。为保证仿真的顺利进行,操控人员需要进行必要的干预,直接改变 Agent 结构(HUMAN, Sender_id, Problem_params, Solution_params)。HUMAN 为建议标示,Problem_params 和 Solution_params 分别表示某种特定的态势和此态势下应对结构做出的调整。若 ASA 的信念与 Problem_params 在一定程度上相似,则采用此 Solution_params。

在结构精练器中的问题一方案对中,问题部分由 ASA 当前的时间和空间参数组成,方案部分主要包括:ASA 各结构部件的权植 P_1 、 P_2 、 P_3 ;用于表示各路线的通过性的权植 $PATH_i$,该值用于“帮助其它 Agent”部件的路线选择;用于表示各区域的安全性的权植 R_i ,该值用于“离开某地”部件的区域选择;用于表示各路线对空中支援的需求程度的植 T_i ,该值用于“向某地机动”部件的路线选择。

2.3 建议的解码与处理

由于建议的类型多样,所以建议解码器也需要针对不同的建议使用相应的函数进行解码。其中主要的解码函数有:

- 1) HELP 建议: $P_3 = \text{Priority_id} \times \text{Tust_id}$
- 2) ROUTE 建议: $PATH_i = \text{Correctness}$
- 3) REGION 建议: $R_i = \text{Value}$
- 4) PRIORITY 建议: $Solutioan_i = \text{Pairs_Of_Point_ids_Values}$
- 5) HUMAN 建议: $Problem_i = \text{Problelem} - \text{params}$; $Solution_i = \text{Solution} - \text{params}$

上式中 Tust_ID 表示 ASA 对建议者的信任度。

在对建议进行解码之后,建议适配器就对建议进行处理。ASA 首先考虑自己当前态势与 CBR 的问题部分的相似性,然后结合自己对建议可行性的认识处理建议。设 ASA 对建议者的信任值为 $P(0 < P < 1)$,则对该建议有

$$\text{Accpetation}_i = P \times \text{Advice} + (1 - p) \times \text{Own_decision} \quad (3)$$

其中,Advice 由建议者提供,Own_decision 由 ASA 内部函数计算,Accpetaion_i 为最终对建议的接受度值。由上式可知,若 ASA 对建议者完全信任,则采用其建议方案。若完全不信任,则只依据自身决策。而通常它都会在建议和自身决策的共同作用下进行动作。

至此,结构精炼器就可依据3)的结果应用建议,完成方案与ASA的底层参数的映射,并最终选择一种部件,匹配相应的参数,进行动作。

3 结语

本文采用一种通用的建议集成Agent模型来实行MAS中的建议集成,并用一个空中支援Agent仿真方法的实例说明了其在军事上的应用过程。由于没有改变Agent的传统模型结构,因此该模型可用于各种MAS体系结构中,具有普适性;同时使用CBR对建议建模,相对于以往直接将参数匹配方法置于Agent模型内部的方法而言,提高了对建议的利用率;最后由于CBR的使用,使得Agent具备了学习功能(在此为吸取建议)。下一步的主要工作是对通用建议的建模以及结构精炼机制的深入研究。

参考文献:

- [1] Nicola Muscettola, Pandurang P, Nayak, Barney Pell, et al. Remote Agent: To Boldly Go Where No AI System Has Gone Before [J], *Artificial Intelligence*, 1998, 103(2): 45, 5-47.
- [2] Diana Gordon, Devika Subramanian. A Multistrategy Learning Scheme for Agent Knowledge Acquisition [J]. *Informatica*, 1994, 17: 331-346.
- [3] Karen L, Myers. Advisable Planning Systems [A]. In *Advanced Planning Technology [C]*. Menlo Park, CA: AAAI Press, 1996.
- [4] Richard Maclin, Jude W. Shavlik. Creating Advice Taking Reinforcement Learners [J]. *Machine Learning*, 1996, 22: 251-282.

(编辑: 门向生)

A Military Simulation Approach Based on Advice Integration Agent Model

YANG Fan, CHANG Guo-cen, DUAN Tao, HUA Wen-jian

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

Abstract: The advice integration is one of the most important methods for the multi-agent system (MAS) to model and simulate the dynamic complex system. The advice is modeled based on CBR (Case-Based Reasoning System), and a support to the advice integration is added to the traditional agent's structure. Finally, an instance of ASA (Air Support Agents) simulation approach is analyzed and the generality of the model is verified in the process.

Key words: multi-agent system; advice integration; case-based reasoning; advice-taking agent