

基于多 Agent 的编队对潜作战智能辅助决策系统研究

杨 健, 史红权

(海军大连舰艇学院, 辽宁 大连 116018)

摘 要: 传统作战辅助决策系统很难满足现代海战的需要, 基于多 Agent 的智能辅助决策系统是辅助决策系统新的发展方向。根据水面舰艇编队对潜作战特点, 构建了基于多 Agent 的对潜作战智能辅助决策系统框架, 分析了系统中各模块的功能, 重点研究了基于案例推理的 Agent 推理技术在辅助决策系统中的应用。提出的智能辅助决策系统满足了现代海战对辅助决策系统的要求, 具有一定的军事实用价值。

关键词: 多 Agent 智能辅助决策系统; 案例推理

中图分类号: U674.71 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-7649(2010)02-0073-04 DOI: 10.3404/j.issn.1672-7649.2010.02.017

Research on IDSS of anti submarine based on multiAgent

YANG Jian, SHI Hongquan

(Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China)

Abstract: The traditional decision support system (DSS) was difficult to meet the needs of the modern sea combat. The intelligence decision supporting system (IDSS) based on multi-Agent became a new development direction of the DSS. According to the characteristic of the modern anti submarine warfare, it proposed an innovative IDSS framework of anti submarine warfare based on multi-Agent system and presented the function of each module in the framework. What was more, it explored the application of Agent reason technology basing on case base reasoning in the DSS. The IDSS was able to satisfy the requirement of the modern sea combat to the DSS, which was practical valuable in military.

Key words: multi-Agent; DSS; case base reasoning

0 引 言

传统作战辅助决策系统经过多年的发展取得了许多成果, 但是也遇到了一些问题, 如难以解决大规模复杂的结构化、半结构化甚至非结构化的决策问题, 难以实现智能单元及单元间的协作, 难以满足现代化海战强实时性的要求等^[1]。

采用多 Agent 技术构造辅助决策系统是弥补传统方法不足的重要途径。Agent 的自治性、智能性以及相互之间协作性非常有利于解决大规模复杂的结构化、半结构化甚至非结构化的决策问题; 同时, 由于

Agent 之间相对独立, 使得辅助决策系统具有易构造、维护性好和适应性强等特点。

1 舰艇编队对潜作战辅助决策系统设计

1.1 设计思想

水面舰艇编队对潜作战辅助决策系统的立足点是辅助编队指挥员进行编队对潜作战, 为指挥员进行科学决策提供支持, 而非代替指挥员进行决策, 人仍是整个作战系统中起决定作用的关键因素。该系统加载于舰艇编队指控系统之内, 并通过舰艇编队指控系统获取必要的决策信息, 通过数据库、模型库、案例

收稿日期: 2009-11-11; 修回日期: 2009-12-10

作者简介: 杨健 (1971-), 男, 博士研究生, 副教授, 主要研究领域为兵种战术、辅助决策、系统工程。

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

库等集成的知识和先验经验,完成定性的知识推理及定量的模型计算。在进行大量的数据处理后,形成一个有机的决策整体,合理分配编队内部作战资源。

1.2 框架结构

根据系统的设计思想,整个辅助决策系统的框架构建及工作流程是:信息收集 Agent 结合用户需要收集战场环境信息,并经过简单处理后输出到信息处理 Agent;信息处理 Agent 调用模型库中的模型对所接受的数据进行综合、处理、分析,得到当前的战场态势;决策 Agent 根据当前的战场态势,结合案例库中已有的案例,做出最后的决策。在此过程中,用户可以通过人机交互 Agent 对整个决策进行干预、控制,以体现人在作战决策中不可替代的作用。库管理 Agent 主要负责对数据库、模型库以及案例库的统一调度和管理。

1) 人机交互 Agent

决策支持系统强调决策过程的人机交互,它比一般的软件系统更需要一个界面友好的人机交互系统。人机交互 Agent 可充当用户和系统沟通的桥梁,形成一种人机相互激发、优势互补、共同寻求问题的有效途径。人机交互 Agent 强调 Agent 的自主性和学习性,它可作为人的助手,通过与用户协作替用户传达决策任务。通过人机交互 Agent,可实现人机智能结合,提高人机系统的综合智能水平。

2) 信息收集 Agent

信息收集 Agent 通过感知器与环境发生直接的交互,可以感知并自动获取外部动态信息,这些信息经过处理器处理后被过滤成为特征值或特征符号,被进一步聚合后传给信息处理 Agent。信息收集 Agent 也可完成应急条件下的快速反应,如当舰艇发现鱼雷来袭且距离小于一定数值时,将直接给出规避方案,以减少系统反应时间。信息收集 Agent 属于“感知—动作”型 Agent。它的智能程度较低,也缺乏足够的灵活性,其优点是能快速响应外来信息。

3) 信息处理 Agent

信息处理 Agent 的功能是帮助人们进行复杂的信息处理。从功能角度上划分,它可以归为任务 Agent 一类,但从属性的角度考虑时,它则属于“慎思”型 Agent^[2]。信息处理 Agent 主要接受经信息收集 Agent 初步处理后的信息,通过调用数据库、模型库中的数据和模型分析当前的战场态势,包括敌情、我情等,同时对敌方的下一步可能的行动做出预测,并将结果输出给决策 Agent。

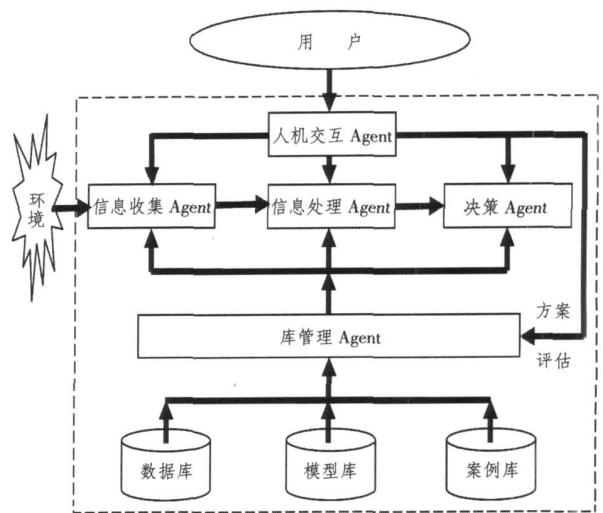


图 1 基于多 Agent 的辅助决策系统框架

Fig 1 The Frame of DSS based on multi-Agent

4) 决策 Agent

决策 Agent 也属于“慎思”型 Agent,其推理方法主要采用基于 CBR 的推理技术。决策 Agent 接收经信息处理 Agent 处理后的信息后,通过调用库管理 Agent 中的案例库进行匹配,通过案例匹配给出最后的决策方案。可以想象,决策 Agent 给出的方案可能有多个,这些方案将按照匹配程度的大小列出。用户可以通过人机交互 Agent 对所给出的方案进行干预、评估,最后输出执行。

5) 库管理 Agent

本系统中数据库、模型库以及案例库统一交由库管理 Agent 进行管理。当其他 Agent 访问数据时,需要向库管理 Agent 发出请求,库管理 Agent 根据其要求进行搜索匹配,并将符合条件的返回给该 Agent。设计这样的访问结构不仅节约资源,方便调用,而且有利于各种库的扩展和完善,增加了模型库和案例库的重用性。同时,库管理 Agent 还具有一定自适应功能,如调用模型库时,可按照模型的匹配成功的总次数确定各个模型的匹配优先度,在库管理 Agent 查询模型时,将按照匹配优先度大小依次匹配各模型,从而提高模型查询效率。

数据库的功能主要是提供系统运行所需数据,如武器装备性能参数库、水声环境数据库等,同时存储实时战场态势数据,如敌我双方攻击防御资源数据库等^[3]。

模型库包括了水面舰艇编队对潜作战中可能涉及到的模型,还包括兵力实体的行为模型以及相关优

化模型, 如兵力机动模型、探测模型、反潜资源分配模型等。

文中对目标的决策方法采取的是基于案例推理的方法 (Case Base Reasoning, CBR)。案例库中保存了大量案例, 以便决策 Agent 调用匹配。由于案例库将直接决定最后决策方案的质量, 库管理 Agent 将通过用户评价、执行效果反馈等途径实现对案例库的学习功能, 使得整个作战辅助决策系统具有一定的适应性。

2 基于 CBR 的 Agent 推理机制

CBR 是 20 世纪 70 年代末发展起来的一种迅速而有效的人工智能推理方法。该方法起源于认知科学中记忆在人类推理活动中所扮演的角色^[4], 其基本原理是^[5]: 当一个新的待解决问题提出后, 可以把它抽象为 1 个新案例, 为了解决这个问题, 先从案例库中检索 1 个和新案例最相近的案例, 其解决方案就可作为新问题的参考, 如果对此方案不满意, 可进行修正, 修正后的实例则成为 1 个新学习到的案例被存到案例库中, 如果下一次碰到类似的问题就可作为参考。CBR 方法克服了知识获取的瓶颈, 降低了知识维护的难度, 具有快速推理, 易于构建, 鲁棒性强等特点^[6]。

2.1 案例表述

案例库的表述是构建 CBR 系统的基础, 其推理的各个环节都是紧紧围绕着案例库来展开的。因此, 案例的表述应遵循知识表述的一般原则, 在结构设计上既要充分考虑到案例的检索和知识的组织, 同时还要兼顾案例库维护管理和知识的扩充。

如图 2 所示, 令不同案例的基本结构简记为: case=(问题, 方案)。在此基础上经过提炼和组织,

将水面舰艇反潜作战案例知识中的问题描述与问题解统一起来, 梳理成树形结构: 在图中, 任务、敌情、我情、海情和结论对应于问题描述, 决心、指挥和战斗的实施则对应问题解。有些子树中还包括若干子项, 如“敌情”项中包含的指标因素众多, 可以有编队任务、目标类型、武备情况、敌我距离、战术机动、航向与航速等。在此基础上还可进一步细分, 如编队任务可分为防空编队、反潜编队、护航编队、登陆编队等; 武备情况中包含声呐作用距离、反潜导弹性能、反潜鱼雷射程、有无搭载反潜直升机等。这些内容都是战例检索的重要依据, 但是限于文章篇幅, 这里不一一介绍。

2.2 案例的检索

案例的检索根据相似性度量方法, 在某种相似性程度阈值下, 从案例库中找出一组与新案例匹配较好的旧案例, 并根据问题的描述找到最佳案例。案例检索是基于案例推理的核心环节。一般检索要达到以下 2 个目标^[7]。

- 1) 检索出的案例尽可能少;
- 2) 检索出的案例尽可能与目标案例相关或相似。

目前, 检索的方法有很多种, 如分类网模型、模板检索、最邻近检索、归纳检索、神经网络检索、模糊检索等。本文采取的检索方法是较为常用的最邻近检索法。设相似函数:

$$\text{sim}: U \times CB \rightarrow [0, 1].$$

其中, U 为对象域即目标案例集合; CB 为案例库中的案例集合。

用 $\text{sim}(x, y)$ 表示目标案例 (与源案例) 的相似程度,

$$x \in U, y \in CB$$

显然有:

$$\begin{aligned} 0 \leq \text{sim}(x, y) \leq 1 \\ \text{sim}(x, x) = 1 \\ \text{sim}(x, y) = \text{sim}(y, x). \end{aligned}$$

把案例库中与目标案例最为接近的 k 个源案例找出来, 最近邻的概念定义为:

$$NN(x, y) \Leftrightarrow R(x, z, x, y),$$

式中, z 为 y 的最近邻。

$$R(x, z, x, y): \text{sim}(x, z) \geq \text{sim}(x, y).$$

一般情况下, 检索出的最近邻源案例是多于 1 个的, 这是因为相似度并不是绝对精确的, 需要选择 1 个阈值 t .

$$\text{sim}(x, z) \geq t, \quad j = 1, 2, \dots, k$$

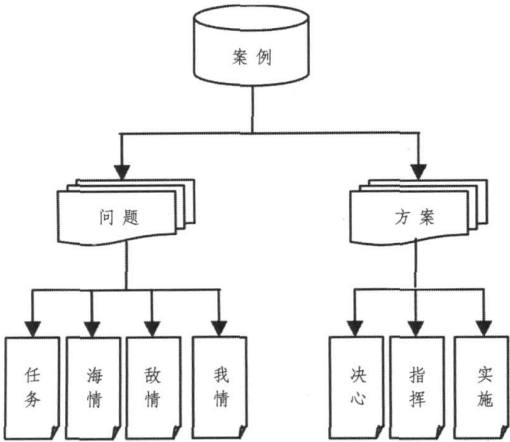


图 2 战例描述的指标划分

Fig 2 Classifying the index of case

最后建立偏序关系:

$$z_1 > z_2 > z_3 > \dots > z_k$$

依序对 k 个源案例的解进行分析、比较、修正、评估, 从中挑选一个最满意的解。

在寻找最近邻源案例集时, 如果阈值过小, 使得该源案例集包含的源案例太少, 应当适当增大阈值。

2.3 案例的修改和扩充

为了提高系统的自适应能力, 系统在运行过程中, 还需要不断学习、积累, 以便使案例库更加完整、丰富。

案例的修改是当某新案例检索到了相似的案例后, 系统生成了相对应的方案, 然而根据反馈的信息, 该方案没有取得良好的效果, 此时则需要调整案例中问题和方案 2 个域的内容, 以适应新的案例, 解决新问题。

案例的扩充是指当有新的情况出现时, 按照案例表示方法描述此情况, 并检索案例库中是否有类似的案例。如果有, 则可综合这些类似的案例, 使之内容更丰富, 描述更准确; 如果没有, 则说明此案例具有新的特征, 将其作为新案例加入案例库, 实现案例库的扩充。

案例的修正与调整非常繁重与复杂, 是一个反复迭代的过程, 需要根据当前案例给出的描述, 在完成了 1 个局部调整后需要及时进行评估, 以便判定调整的可行性和力度的强弱。最后还需对修正后的结果进行总体评估。

3 结 语

本文采用多 Agent 技术构建了舰艇编队对潜作战辅助决策系统的框架, 分析了系统中各个模块的作用, 重点研究了基于案例推理的 Agent 的推理技术在辅助决策系统中的应用。多 Agent 技术的应用有利于弥补传统作战辅助决策系统的不足, 而基于 CBR 的 Agent 推理技术不仅可以满足水面舰艇编队对潜作战决策的要求, 同时具有易构造、扩充性强、适应性好等优点, 具有一定的军事实用价值。

参考文献:

- [1] 钟涛. 基于 Agent 的智能辅助决策系统的研究及应用 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2003
- [2] 李桢, 倪天倪. 基于 Agent 的智能决策支持系统模型 [J]. 计算机工程, 2002, 28(5): 120—122
- [3] 王为颂, 沈立军, 张景悦. 舰艇编队防空防御智能决策支持系统研究 [J]. 舰船科学技术, 2005, 27(1): 61—63
- [4] 王晓亮, 刘西拉. 基于事例推理系统中的模糊检索 [J]. 上海交通大学学报, 2007, 41(11): 1783—1786
- [5] WASTON L, MAR R F. Case-based reasoning: A review, the knowledge engineering review [M]. 1994
- [6] 张荣梅, 孙洁丽. 基于 CBR 与 MAS 的群体决策支持系统 (MGDSS) 研究 [J]. 现代电子技术, 2007, (2): 62—64
- [7] 刘芳. 基于 CBR 的智能决策支持系统研究与应用 [D]. 兰州: 兰州大学, 2008

美国海军研究实验室开发新型水声技术

据美国海军研究实验室 NRL 网站报道, 美国海军研究实验室 (NRL) 科学家们目前正在开发一种水声应用方面的新型技术。该技术利用激光闪射远距离产生水下声源。这种新型声源可扩展并改进军事或商业方面水下声学应用的范围, 其中包括水下通信、水下导航以及水下声学成像等。目前, NRL 等离子物理学分部的物理学家特德·琼斯博士正带领等离子分部、声学分部和海洋地理分部的研究人员共同开发这种新型声源技术。

通过集中光束充分电离少量的水能高效地将光线转化成声音, 而水随之还可吸收激光的能量和超高的热量。这个过程能形成少量的蒸汽爆炸, 进而产生 220 dB 左右的脉冲声场。利用超强激光控制水的光学特性, 可使水形成类似于聚焦透镜的作用, 这样便可产生非线性自聚焦 (NSF) 效应。此外, 由于群速度色散 (GVD) 作用使得不同颜色的激光在水中的传输速度不同, 这些不同颜色的激光通过排列可使脉冲在水中传播时及时得到压缩, 从而使光束更加集中。通过非线性自聚焦 (NSF) 与群速度色散 (GVD) 的共同作用, 便可获得可控的水下压缩光脉冲。

强激光脉冲具有穿透空气和水的性能, 无论水下或空气平台的压缩激光都可用于远距离声源的形成。由于 NSF 与 GVD 在水中的效应要强于空气中的效应, 因此, 专用定制的激光可在空气中传播数百米而保持相对不变, 进而可快速进入水下。激光大气传播可应用在不需要任何水中设备便可利用空中激光生成水下信号的领域, 如在飞机上进行水下通信。

此外, 通过快速活动反射镜控制的高重复频率脉冲激光, 可产生相控声源的任意阵列。目前这一技术已经在商业上得到应用。在配备声学接收器的小型水下平台上, 通过这种配置可快速生成斜角声波散播数据, 这些数据可用于成像或水中目标的识别。这也将对传统的直接反向散射声学数据给予重要的补充。

(摘自《中国船舶在线》网)