

# 基于 Agent 的战场侦察单元建模<sup>\*</sup>

苏剑飞<sup>1</sup>,王景伟<sup>1,2</sup>,刘平<sup>2</sup>,刘曙光<sup>1</sup>

(1. 南京陆军指挥学院, 南京 210045; 2. 69007 部队, 乌鲁木齐 830009)

**摘要:** 为了更加逼真地展现战场侦察行动, 针对侦察单元建模面临的一系列问题, 探索基于 Agent 的建模方法, 以侦察装备和指挥员的 Agent 模型构建为例, 对两类 Agent 模型结构进行了详细的分析与设计, 并对侦察分队 Agent 的静态结构模型设计进行了探讨. 该模型设计简洁, 便于实现, 为作战仿真系统中应用 Agent 技术建模提供了参考.

**关键词:** 侦察单元; 建模; 仿真

**中图分类号:** TP391.9; E845

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-0707(2009)07-0004-04

战场侦察仿真是指部队训练中, 在没有部队实际侦察装备参与和真实情报来源的情况下, 通过运行各类侦察单元模型, 实现对战场侦察行动的描述, 为作战训练营造逼真的战场信息环境. 由于建模方法所限, 传统面向过程或面向对象方法建模对模拟主体的决策推理机制涉及较少, 模拟主体不具备自身的“知识”, 没有自主行为, 模拟运行基本是“照本宣科”, 致使模拟失真, 极大地影响了仿真的效果.

近年来, 随着 Agent 技术研究的深入, 为解决这一问题提供了新的思路. 利用 Agent 技术进行仿真建模, 其基本思想是通过模拟现实世界, 将复杂系统划分为多个 Agent, 以自底向上的方式, 从研究个体微观行为着手, 进而获得系统宏观行为<sup>[1]</sup>. 尽管这种建模方法的理论和应用仍然处于探索之中, 但其提供的思路和启示是令人鼓舞的.

## 1 Agent 定义

Agent 的定义分强定义和弱定义两种. 根据本文中的研究对象, 这里采用弱定义, 认为“Agent 是一个具有自治性、反应性、主动性、可通信性和自学习功能的实体”.

1) 自治性 (autonomy): Agent 能够在没有人或其它 Agent 直接干预下运行, 并且有某种控制自身行为和内部状态的能力.

2) 反应性 (reactivity): Agent 能够感知其所处的环境, 并能对环境的变化做出及时而适当的反应.

3) 主动性 (pro-activity): Agent 能感知所处环境的变化, 并主动做出基于目标的行为.

4) 可通信性 (communicability): Agent 具有与人或其它 Agent 进行交互的能力.

5) 自学习功能: Agent 具备一定的学习功能, 自身具备一定的知识, 并可在与用户和其它 Agent 的交互中学习新知识.

## 2 战场侦察单元特征分析

明确了 Agent 的定义后, 再对战场侦察单元进行分析, 进行战场侦察单元特征分析的目的是为了构建合适的 Agent 模型. 信息化条件下的战场中存在着各种各样的侦察单元, 它们交织作用构成了整个战场侦察体系, 但从侦察单元的活动特征来看, 大致可以划分为两大类: 一类为平台级侦察单元, 如各类侦察卫星、无人侦察飞机、战场侦察雷达等, 此类侦察单元的作战效能取决于侦察装备的技术性能; 另一类为分队级侦察单元, 如炮兵侦察分队、工兵侦察分队等兵种侦察力量, 此类侦察单元的作战效能受所配备的侦察装备性能和战时战术运用双重影响. 尽管这两类侦察单元在作战中运行机制有所不同, 但在作战活动中却有一些共同的特征: 战场上的每个侦察单元都是一个独立的实体或组织, 具有独立完成作战任务的能力, 具备一定的自我防护能力; 每个侦察单元都可对战场环境做出适当的反应, 例如成像侦察卫星可根据不同的天候气象条件选择光学或红外成像等不同手段实施侦察; 为了完成任务, 侦察单元可以能动地采取适当的手段或战术实施侦察, 例如战场雷达组群在指挥员在调度下可采取不同的组网方式以达到最佳侦察效果; 侦察单元之间或单元内部具有实时或近实时的通信能力, 在战场信息系统支持下, 每个侦察单元都可将所侦察到的情报信息及时或实时地报告上级或通报友邻; 战时侦察单元特别是分队侦察单元, 由于指挥员的存在, 在作战中可以通过灵活的战术行

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2009-04-08

作者简介: 苏剑飞 (1970—), 男, 福建人, 硕士生导师, 副教授, 主要从事系统分析和建模仿真研究; 王景伟 (1981—), 男, 内蒙古人, 硕士研究生, 主要从事建模仿真研究.

动弥补侦察装备性能的不足,在战术的运用中指挥员的经验以及知识对作战行动具有重要的影响。

战场侦察单元在作战活动中表现特征还有很多,但以上 5 点无疑是很具代表性的。对比 Agent 的定义可以看出,这些侦察单元的活动特点都可通过建立 Agent 模型给予表达,根据系统相似的原理,模型的建立应与被抽象的实物保持特征一致,因此,利用 Agent 技术对战场侦察单元进行建模仿真是合适的。

针对不同的侦察单元采用那种类型的 Agent 模型仍是一个需要考虑的问题。基于不同的行为方式,Agent 模型分类为反应型 Agent 模型、慎思型 Agent 模型、混和型 Agent 模型 3 种<sup>[2]</sup>。其中反应型 Agent 建模思想认为 Agent 模型的智能性主要表现为对环境变化做出下意识反应行为,遵循行为主义学派的“刺激 - 反应(S - R)”模式<sup>[3]</sup>;慎思型 Agent 建模思想认为 Agent 模型的智能性表现为针对特定目标,Agent 可具备一定的行为规划能力,必要时可通过与其它 Agent 建立协作关系完成任务,是一种基于目标的行为,是以认知主义学派理论为基础的;混合型 Agent 是指根据不同需要将以上两种建模方法综合运用而形成的新模型。

在明确以上 3 种 Agent 模型的基础上进一步分析战场侦察单元的活动特征。一是平台级侦察单元。平台级侦察单元一般指独立运行的侦察装备,可包括单一侦察手段装备如微光夜视仪和多侦察手段装备如无人侦察机,这类侦察单元在作战活动中通常只涉及战场行为层次的活动,在明确特定的侦察任务后,根据当前战场态势和自身作战规则触发最优的作战行动,即使有些装备在活动中有“人”的参与,但“人”在其中的作用并不是作为“指挥员”,而是作为“操作人员”,因此可以认为这类侦察单元的智能性完全取决于其下意识行为,建模时,一般适合建立反应型 Agent 模型。二是分队级侦察单元,即由侦察装备和相应指挥机构按照一定的作战编成规则组合而成的侦察单元,如按照一定编成规则形成的侦察网络或侦察分队。这类单元既包含各类装备实体,也包含负责作战行动规划及实体关系协调的指挥员实体,反映了作战行为、规划和协作 3 个层次的行为。在分队侦察单元中,各级指挥员居于核心地位,负责规划协调所属装备实体的行为。在建模中,各侦察装备实体仍通过反应型模型表示,而指挥员在作战中的活动主要是进行基于目标的决策筹划,涉及了更多认知行为,体现出了“慎思”的特征,但同时有一些紧急或简单情况处理时,又常采用下意识的反应行为,因此在模型设计时应建立混合型 Agent 模型,同时,由于侦察分队本身就是指挥员与侦察平台的组合体,所以其模型也应是侦察装备模型与指挥员模型的聚合体,也是混合型 Agent。通过这些分析可以看出,利用 Agent 技术进行战场侦察单元建模的关键就是建立反应型的侦察装备 Agent 模型和混合型的指挥员 Agent 模型,以及在此基础上两类模型的集成。

### 3 侦察单元 Agent 模型设计

对不同的应用,Agent 的结构不尽相同,针对本文中所

讨论的侦察单元模型,对照定义,Agent 结构通常包括以下部分:感知模块、知识库(规则库)、决策模块、学习模块、行动模块和通讯模块。Agent 通过感知模块来感知外部环境,对环境信息进行一定的抽象,并送到决策模块;决策模块在知识库的支持下,根据从感知模块得到的外部环境信息做出决策,将决策结果送给行动模块与通讯模块;行动模块则根据传入的动作命令做出相应的行动,对外部环境做出响应;通讯模块主要用来处理 Agent 之间的信息交换;学习模块的职责是从 Agent 的不断运行过程中总结经验,为知识库增加新的知识。

#### 3.1 侦察装备 Agent 模型设计

侦察装备 Agent 为反应型 Agent 模型,它的决策取决于模型内规则库的完备,并不涉及太多的认知推理,其推理过程即为规则搜索过程。在对侦察装备建模时,依据其作战功能,一般认为每一类侦察装备都具有其特定的任务清单,Agent 只对发生在该任务清单的事件产生响应,若发生意外事件,Agent 可申请人工干预,并将干预结果添加至 Agent 对应规则库,或将所发生的事件作为范例,为以后类似事件发生提供推理依据,体现了一定的学习性。在仿真运行过程中,侦察装备模型在感知战场环境变化或接收上级指令信息后,通过简单的反应式推理做出一个行动选择,并调用相应的方法来实现该行动,行动结果将根据相关仿真模型属性间的交互而得到。

图 1 所示为一个反应型的侦察装备 Agent 模型结构,其中感知模块检测战场环境变化或上级命令等事件,事件数据库封装了特定侦察装备可响应的所有事件;决策模块完成规则搜索并做出决策;规则库封装了该侦察装备的作战规则及遵循的作战条例;行动模块根据决策做出所需操作,行动模块行为的发生依赖与该 Agent 的行为数据库,行为数据库对应的是将该侦察装备 Agent 任务清单内的任务或事件进行分解后生成的一系列可执行动作的集合(关于任务、事件和动作的论述请参见参考文献[4]);学习模块用于提供人工干预接口并记录干预结果;通讯模块实现与其它 Agent 的信息交互。

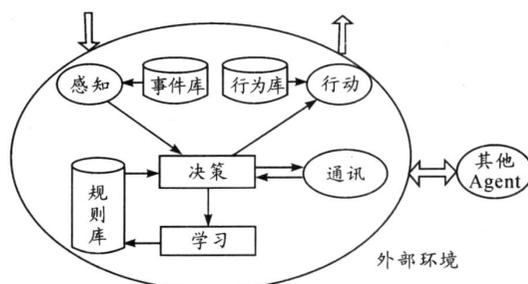


图 1 装备侦察 Agent 模型结构

侦察装备 Agent 通常使用产生式规则完成决策推理过程,实现 Agent“感知”,反映 Agent 的行为。但是规则的使用和传统的专家系统不同,除了少量规则作为常识性知识的一部分建立在常识知识库内,大量的规则是挂靠在规则所

对应的 Agent 模型上的,这种构造方式更加符合真实情境下人的思维模式,问题空间中解题路径的确定也更具指向性.在侦察单元仿真中,Agent 的行为基于以下假设:

- 1) 仿真是在特定的任务范围内进行的.
- 2) 不同侦察单元 Agent 有其不同的任务清单.
- 3) 作战任务可分解为一系列对应的动作.
- 4) 不同的动作可以通过定义谓词(组)或函数加以表达.
- 5) Agent 模型可提供人工干预接口.

这样,就可以用产生式规则来表达 Agent 的行为:

IF(命题 A)  
THEN(命题 B)

其中命题 A 是行为的前件,用于判断;命题 B 是行为的驱动,用于执行.命题可通过谓词或函数及相关的变量表映射为特定的行为,而谓词则可通过一定算法实现. Agent 的推理行为机制可用图 2 表示.

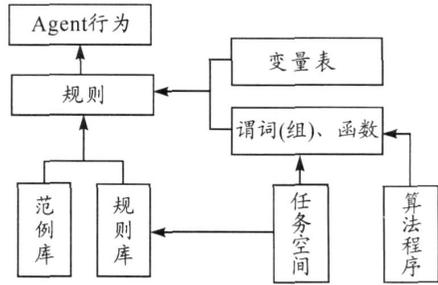


图 2 Agent 的推理行为机制示意图

例如,某侦察机实体 M 于 x 月 x 日 x 时 x 分在 (x, y) 收到来自指挥站 N 命令:对 A(a, a)、B(b, b) 地带实施搜索任务.此时,侦察机 M 将收到类似如下格式参数信息(仅为示例,非标准格式).

表 1 任务信息参数示例

信息来源	信息种类	信息去向	时间	信息内容				
				执行对象	任务类别	任务级别	任务代号	目标
M	命令	N	x 月 x 日 x 时 x 分	N	搜索	N	xxxxxx	A(a, a) 向 B(b, b)

此时,侦察机实体依据规则:

IF(来自本级指挥员实体命令) AND (优先级高于当前任务) AND (清单内任务)  
THEN(执行任务)

调用代号为“xxxxxx”任务所对应的函数或算法执行搜索任务.由于示例选取的侦察机为多侦察手段装备,因此在执行“搜索”任务时,还要依据战场环境条件及对应规则选择“可见光照相”、“红外扫描”等不同实施手段.

### 3.2 指挥员 Agent 模型设计

指挥员 Agent 模型也包括感知模块、知识库(规则库)、决策模块、学习模块、行动模块、通讯模块六大部分.与侦察装备模型不同之处在于:一是知识库更加完备,既包括实施侦察的兵力运用规划等作战规则及方案评估算法等,又包括了用于理解作战态势的认知数据;二是推理方式不同,指挥员模型的推理方法是反应和慎思结合在一起的,体现了决策、规划、控制等高级智能行为.在指挥员的推理过程中,反应推理一般用于处理紧急情况及简单情况,慎思推理则处理一些较为复杂的情况,通常认为反应推理的优先级高于慎思推理.针对某一任务或事件,指挥员模型首先进行任务等级判断选择推理方式,在情况较复杂时,首先进行方案生成,之后对可能的方案进行评估计算,选取最优方案下发给所属侦察装备实体,当在知识库中无法找到符合条件的处理规则时,可请求人工干预进行处理,同时完善知识库.指挥员 Agent 模型结构如图 3 所示.

图 3 中涉及了 Agent 的通信机制,基于 Agent 的侦察仿真模型通信分为内部通信和外部通信两个方面.内部通信是指仿真系统内各 Agent 间的通信,外部通信是指侦察仿真系统与其它仿真系统如指挥作业间的通信.侦察仿真模

型建立是在公共支撑环境基础上进行开发的,公共支撑环境主要用于为系统提供底层通信服务和数据交换与存储服务,为应用系统的运行和用户使用提供公共信息数据支持和服务.同时,为方便 Agent 对战场态势变化的感知及实体间的信息交换,可采用黑板<sup>[5]</sup>存储战场态势信息和 Agent 间交换的信息.

### 3.3 侦察分队 Agent 模型结构表示

明确了侦察装备 Agent 及指挥员 Agent 的结构原理后,本节以侦察分队 Agent 为例,对模型的表示及类结构设计进行探讨.为了保持与建模语言的一致性,通常采用“属性、关系、行为”的三元组来描述 Agent 模型的构成,即:

Agent 模型 ::= 属性 关系 行为

其中“属性”是 Agent 内部特征的描述,体现了 Agent 内部的静态关联,是内涵;“关系”(关于实体间“关系”的分类详见参考文献[4])是 Agent 与 Agent 之间的静态关联,是概念的外延;“行为”是 Agent 之间(包括 Agent 自身内部)的动态关联,行为的结果将改变属性和关系的内容.“属性”描述了实体的存在性,而“关系”“行为”的运用则可以通过有限的实体来刻画无限的实体空间.

侦察分队 Agent 是由指挥员 Agent 与侦察装备 Agent 形成的聚合体,指挥员及侦察装备与分队间的关系是组分关系;在侦察分队模型运行中,所有的战场信息首先传至指挥员模型,由指挥员模型处理后再发至各侦察装备模型,因此指挥员与侦察装备模型间是依赖关系,而侦察装备之间则是平行的关系<sup>[6-9]</sup>.有了这些关系后可以建立侦察分队模型的类结构图,如图 4 所示.从图中可以看出,特定的 Agent 模型都可通过特定类结构进行表示,并可类化为特定“对象”,这些对象具有自己的属性及行为,某些行为例如

“指挥员”中的“通信”行为又可以通过类化加以实现,如建立一个“通信”类.因本文中仅为模型结构设计,实现环节不再深入探讨.

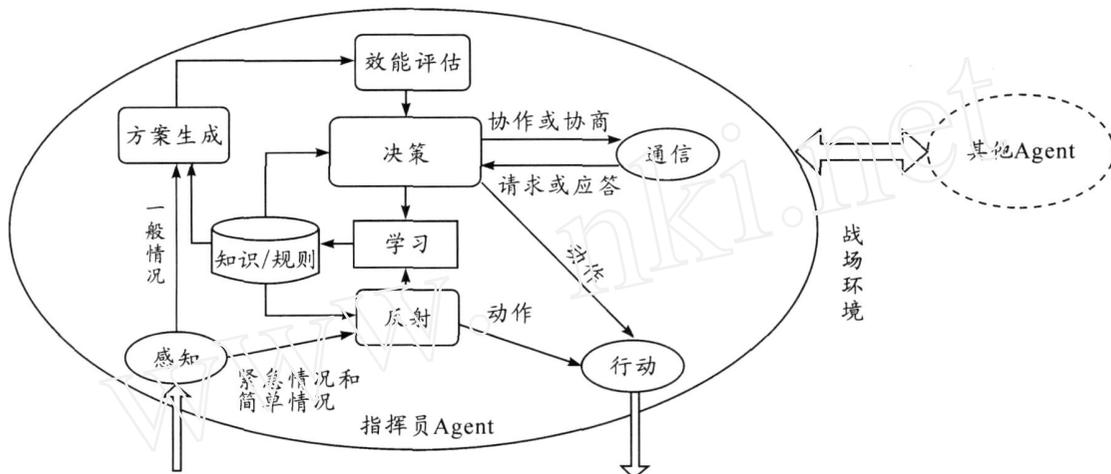


图3 指挥员 Agent 模型结构

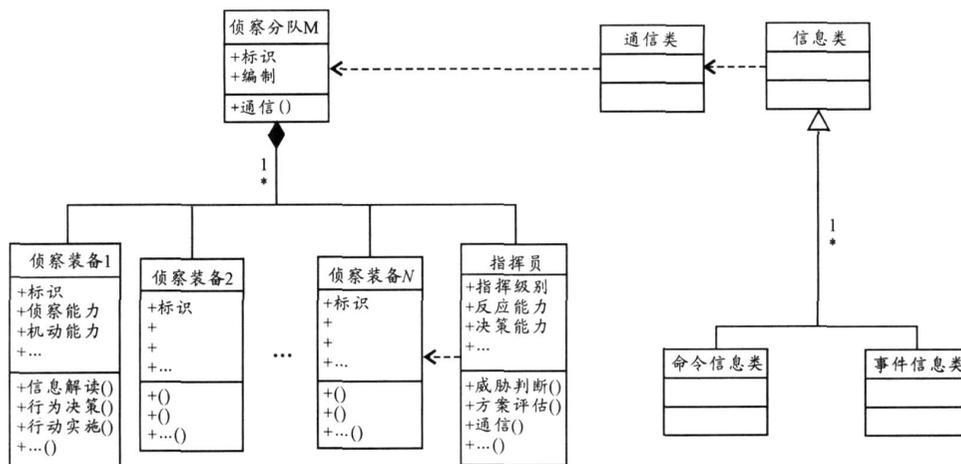


图4 侦察分队 Agent 类结构示例

#### 4 结束语

利用 Agent 技术建模可以有效地提高模型的适应性、灵活性和智能性,但由于 Agent 技术发展时间较短,在我军各领域的现有实践应用还不多.文中提出的设计方法,只是在一定程度上为这方面的应用提供了一个参考思路,要在实践中很好地应用,还有许多后继工作需要不断完善,例如对各应用实体 Agent 的推理知识库还需要不断地完善,对 Agent 的学习机制还需进一步展开研究.

#### 参考文献:

[1] 胡晓峰.战争复杂系统建模与仿真[M].北京:国防大学出版社,2005.  
 [2] 史忠植.高级人工智能[M].2版.北京:科学出版社,

2006.  
 [3] 刘雍潜,李龙.教育技术基础[M].北京:中央广播电视大学出版社,2002.  
 [4] 胡晓峰.战争模拟引论[M].北京:国防大学出版社,2004.  
 [5] 王顺晔,舒迪前.智能控制系统及其应用[M].2版.北京:机械工业出版社,2005.  
 [6] 周祖德.基于网络环境的智能控制[M].北京:国防工业出版社,2004.  
 [7] 张锋,阳平华.电磁环境下信息作战模拟[J].四川兵工学报,2008,29(3):22-24.  
 [8] 谭乐祖,陈晓君,李岩.坦克分队目标威胁评估与火力优化模型[J].四川兵工学报,2009,30(1):108-109.  
 [9] 蔡延曦,孙琰,张卓.武器装备体系作战效能评估方法分析[J].兵工自动化,2008(1):24-26.