

# 半自治 Agent 通信模型及在作战仿真中的应用

赵云峰, 杨克巍, 陈英武

(国防科学技术大学 信息系统与管理学院, 湖南 长沙 410073)

**摘 要:**半自治 Agent 是在一般智能 Agent 基础上,由面向军事、交通等领域研究对象的特殊共性——非完全自主自治性而提出来的。半自治 Agent 同时具有自治性和受制性两方面特性,使用黑板模式和 KQML 相结合的 Agent 通信机制,针对环境中不同层次的 Agent 的功能以及其目标,研究同级半自治 Agent 之间协作、协商机制;上下级半自治 Agent 之间传递命令、任务分配、共享信息等与传统 Agent 通信的不同特点,建立基于半自治 Agent 的通信模型(SACM)。并将此模型应用于一个装甲作战模拟的实例研究中。

**关键词:**半自治 Agent;通信模型;Agent 通信;KQML

**中图分类号:**TP391.9

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2007)05-0001-04

## Study of Semi Autonomous Agent Communication Model and Application in War Game

ZHAO Yun-feng, YANG Ke-wei, CHEN Ying-wu

(College of Information System and Management, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:**Unlike the normal intelligent agent in the fields of society, economy etc. the entity has incomplete autonomy property—besides the pure active autonomous, it should be under the control of other agents or restriction, call it has the restricted property. These entities with semi autonomous properties can be widely applied in combat simulations and traffic control system etc. In these systems agents are classified by the degree of autonomy. Communication in semi autonomous agents that have the autonomous and restricted properties individually is different from normal agent communication. In semi autonomous agent system (SABS), the speech-act based theory is especially adept at the semi autonomous agent communication. We use blackboard mode and KQML as the basic communication mode. In this paper provide a brief survey of the semi autonomous agent concept and simple structure, with a focus on the communication mode. Present a semi autonomous agent communication model (SACM) and provide a framework about the SACM to support its application. In practice SACM framework is flexible and acceptable. Apply this method in the armed vehicle war game case study.

**Key words:**semi autonomous agent; CM; agent communication; KQML

## 0 引言

半自治 Agent 的概念是在智能 Agent 概念基础上,在研究某些特殊应用领域——军事、交通等的建模过程中针对活动实体所具有的“非完全自主”自治性特征而提出来的。传统的智能 Agent 对于自主的自治性要求比较绝对,在这些被研究的系统中,面向的研究实体一般是大量具有完全平等地位的活动实体,半自治 Agent 除具有普遍意义的“自治性”以外,还要受到系统中其他 Agent 控制的“受制性”,可以更加逼真地体现所代表实体的各种特征,它具有更强的灵活性、适应

性。基于半自治 Agent 建立的系统(Semi autonomous Agent based System, SABS)构成了一个数据或目标驱动的复合式网状结构,而不是简单的多层次结构,可以广泛适用于军事建模、智能交通管理系统(ITS)等方面。

## 1 Agent 的通信

### 1.1 Agent 通信

Agent 是具有自治性、自主性、反应性和社会性<sup>[1]</sup>的智能实体,但它通常不可能拥有关于世界的完全信息和知识,通信的基本作用就是为 Agent 提供与世界交换信息的手段。多 Agent 系统中的协同、协作和全局一致等都通过有效的 Agent 间通信来实现<sup>[2]</sup>。

Agent 通信就是在一定的活动区域(环境)中为完成自身的任务和达到目标,在遵守一定的通信策略的

收稿日期:2006-07-23

作者简介:赵云峰(1973-),男,内蒙古赤峰人,硕士研究生,研究方向为系统决策方法;陈英武,博士生导师,教授,研究方向为管理科学与工程、系统工程。

约束下,通过交互信息、传递命令等方式来实现与其它 Agent 协作、认识环境的过程。

通信策略(CP, Conversation Policy)是指在 Agent 之间交换能改变该 Agent 状态的信息时必须遵守的一组通信规则的集合,是 Agent 通信执行过程的基本原则。可以使用状态变迁图、有限状态机、Dooley 图等来表示 CP,状态变迁图、有限状态机等具有表达清晰的特点,Dooley 图(Dooley Graphs)可以直观地表示通信期间消息序列之间的关系,但是它们不能表示通信期间多个 Agent 之间的交互限制。例如通信 schemata,它指协作 Agent 为了完成一个集体(collective)任务,它们之间关于某个通信主题的通信模式,该通信模式中包含了一组用于信息交换的通信策略<sup>[2]</sup>。

## 1.2 Agent 通信模式

多 Agent 通信可以分为 5 类<sup>[3]</sup>:

- 1) 无通信(No Communication);简单信号通信(Primitive Passing);
- 2) 基于计算的消息传递(Message Passing);
- 3) 方案传递(Plan Passing);
- 4) 黑板模式(Blackboard);
- 5) 基于言语行为理论的通信<sup>[4]</sup>(speech act theory)。

## 2 半自治 Agent 的通信模型

### 2.1 半自治 Agent

半自治 Agent(Semi Autonomous Agent)概念首先出现并应用于美国 Marine Corps Combat Development Command (MCCDC)中心完成的“不可约减的半自治适应战斗”ISAAC(Irreducible Semi-Autonomous Adaptive Combat)系统中<sup>[5]</sup>。ISAAC 作为一个工作平台,通过将战场中的作战单元视为 ISAAC Agent,对它们在一个虚拟战场中战斗行为的模拟来实现鉴别、探索并且在有可能的条件下发现战场中的突现行为。在一些智能交通系统(ITS)中对驾驶员的行为和路线选择模拟等问题<sup>[6]</sup>进行研究时,也引入了半自治 Agent 概念。

半自治 Agent 同样具有:自治性、反应性、面向目标性(主动性)和社会性这四大特性。但是由于某些

应用领域的特殊性,会出现系统中的 Agent 不具备完全自主自治性的情况,杨克巍等从目的、属性和主体之间的关系这个角度给出半自治 Agent 的定义<sup>[7]</sup>:它是一个活动于动态环境中的具有较高自治能力但又受到环境中其他实体制约和直接控制的实体。

半自治 Agent 中半自治的定义是区别于一般智能 Agent 所具有的完全自主的自治性,将 Agent 自治性划分为两个部分:一部分为自身拥有的自主处理问题的“自治性”,另一部分为受外部其他 Agent 控制的“受制性”,不同等级的 Agent 的受制性和自治性的比例不同,不同类型的 Agent 的受制性和自治性的含义也不完全相同。

### 2.2 半自治 Agent 的通信模型

在半自治 Agent 的通信模型(SACM)中,主要包括不同层次的 Agent 之间的“不平等”通信和同层次 Agent 为实现协商、交互完成共同目标而通信两个方面,如图 1 所示,将一个半自治 Agent 的通信器(Communicator)分为四个功能模块:CU(Communication Up)与上一级别的 Agent 通信,通常是上报各种个人信息、环境信息、请示信息、回答上级问题等;CD(Communication Down)与下一级别的 Agent 通信,如下达命令等;CE(Communication Equal)与同级别 Agent 之间的通信,主要完成 Agent 间协商、协作完成工作必需的交流信息;额外规则(Additional Rules)包括其它与通信相关的特殊规则,例如军事领域中的通信密码等。如上所述的通信模型结构能够很好地完成半自治 Agent 为完成自身目标和整体目标而必需的通信功能,也体现出它是自治性和受制性两方面的结合体。

如图 1 所示,半自治 Agent 通信模式可以分为两类:一类是 Agent 之间通过 CU, CE, CD 来完成 Agent 之间直接的互相通信,如图 1 中的细线所标识。上级

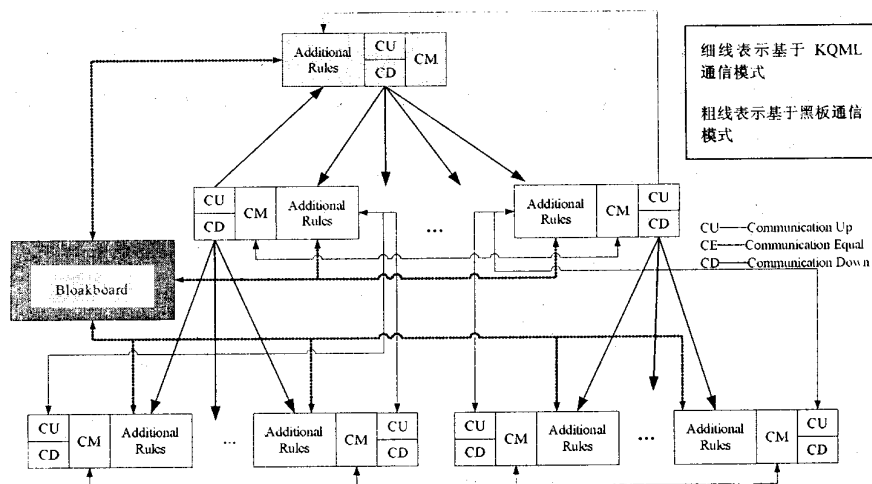


图 1 基于半自治 Agent 的通信模型(SACM)

的 Agent 将命令、控制等信息通过 CD 发送给相关的下一级 Agent, 下级 Agent 在收到信息后需要将确认消息返回, 而且下级 Agent 在活动过程中的各类需要请求上级的信息都是通过 CU 传送给上级 Agent, 同级 Agent 之间的协调、协商等都是通过 CM 来完成, 这些通信大部分都是发送消息试图达成某种目的 (CD) 或完成某个动作 (CU), 所以使用基于 KQML 的通信语言模式可以较好地完成此类的通信。

另一类就是在所有 Agent 之间共享的一些信息的发布、传播, 如图 1 中的粗线所标识, 这是一种高效在整个系统内 Agent 之间发布总目标, 共享环境信息的过程, 更适合使用基于黑板 (Blackboard) 模式来实现此类通信。

### 3 基于 SACM 的装甲作战仿真应用

#### 3.1 背景

现代的战场已从层次化, 上下级严格逐级指挥的模式渐渐向控制权下放, 减少中间环节控制, 作战单元自动识别完成任务的方向发展。传统的指挥控制模式是一种平面层次化的结构, 同层作战单元之间缺乏相互的协同配合, 直接接受并执行于上级的命令, 新型的战场需要对于突发事件能够迅速作出反应, 掌握主动权先发制人也是取胜的关键。

将战场中具有主动行为能力的作战单元 (如飞机、坦克、导弹、指挥人员) 都视为一个具有半自治能力的 Agent, 它们各自属于所属的作战分队, 在完成统一任务的前提下各自具备自身的子任务, 在完成子任务的活动中, 即除需要接收上级 Agent 的指挥外, 还具有根据自身能力、分析当前所处环境以及与友方 Agent 协商、协调结合完成任务的自主判断下一步活动的功能。这样的作战单元在战场上构成了一个立体的网状组织结构, 如图 2 所示。

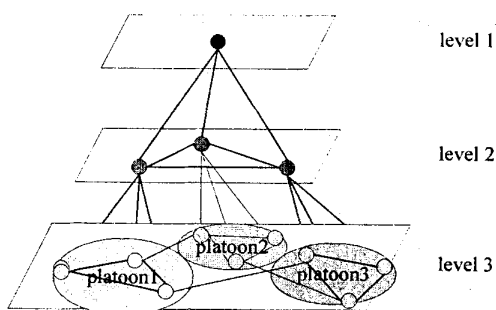


图 2 作战单元指挥控制结构

#### 3.2 装甲车辆仿真作战想定

以下是一个缩略的装甲车辆作战想定 (如图 3 所示):

1) 当面之敌为蓝军机械化步兵连战斗队一个坦克排, 部署在 1 号高地和 2 号高地, 其防御前沿在 1 号高地和 2 号高地向我方斜面一线, 前沿前部分地区设有防步兵混合地雷场, 防坦克三角锥。

2) 我连配属工兵一个班, 在装甲步兵第 2 连 (欠 3 排) 的支援下, 为营第一梯队主攻连。首先歼灭 1 号高地、2 号高地之敌, 而后继续向东发展进攻。

连决心成一字战斗队形, 在独立房南北一线行进间展开, 占领公路东侧棱坎一线冲击出发阵地。步兵在公路西侧一线下车, 迅速前出, 占领冲击出发阵地, 步战车在冲击出发阵地后占领有利地形, 支援一线排冲击。

坦克第 1、3 排在装甲步兵第 1 排 (C) 的协同下, 为连的主攻排。在 1 号高地以西占领展开地区, 起 1 号高地左侧鞍部, 右至 1 号高地右侧突破敌人防御, 向 1 号高地冲击, 歼灭 1 号高地地域之敌。

直瞄射击 8 分钟, 直瞄火炮对敌一线排阵地实施破坏射击, 摧毁其发射点、工事及装甲目标, 此时, 连长进一步明确任务 (A)。尔后各排做好冲击准备。

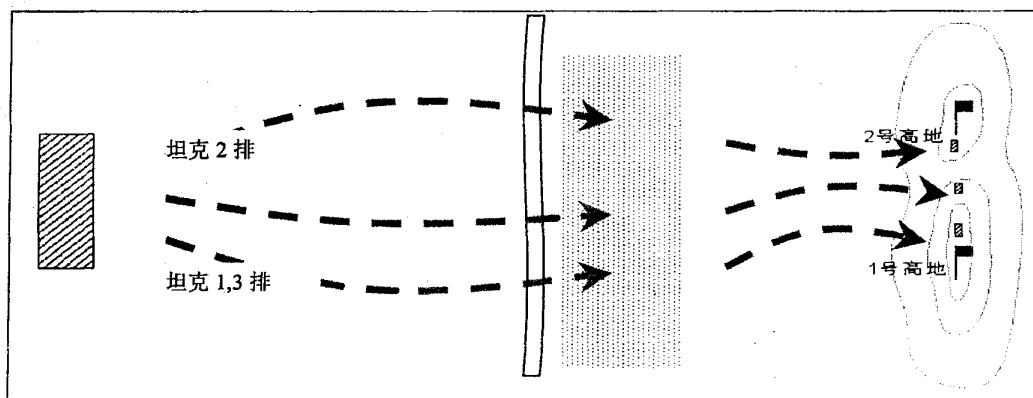


图 3 作战想定简图

坦克第 2 排在装甲步兵第 2 排的协同下(C),为连助攻排,在 2 号高地西侧南北一线占领展开地区,右起 2 号高地南侧鞍部,左至 2 号高地北侧突破敌人防御,向 2 号高地冲击,歼灭 2 号高地地域之敌。

3)上级于冲前 32 分开始火力准备,持续时间 30 分钟,分三次进行:

第一次火力急袭 12 分钟,

.....

第二次火力急袭 10 分钟,

.....掩护我步坦冲击。

当接到冲击信号后,各排应迅速行动(B),装甲步兵在公路一线隐蔽位置下车,紧随坦克冲击,步战车占领有利地形,支援步坦冲击。

当通过雷场通路时,各排要组织交替通过,步坦要密切协同消灭敌各种火器和反坦克手,步兵应及时排除浮雷为坦克开辟通路,保障坦克安全。

攻打敌前沿阵地时,各排应充分利用我炮火转移的效果,坦克引导步兵勇猛冲击。步战车应充分发挥车载武器的威力,支援步坦战斗,保障空中安全。

### 3.3 基于半自治 Agent 作战模型中的通信模型

如图 4 所示的半自治战斗单元通信示意图,每一个矩形块表示一个独立的作战单元(只突出显示出通信部分的功能),这个示意图表示的是战场中三个作战单元之间的通信:上级 Agent 通过 CD 向下级 Agent 发送命令 1,通信中使用特定的加密密码 Secret Code 对通信内容加密,接收方则在收到命令后需要通过 CU 向上级 Agent 返回响应消息,同时根据接收到命令向需要同级的 Agent 通过 CM 协商或协调共同完成任务,通过 BRAIN 将最新命令与当前自身状态、所处的环境信息和当前自身接收到的最新命令以及与周围 Agent 的协商的综合分析、判断、决策以后,作出下一步的活动。在活动过程中,需要将自身的各种环境信息、状态信息通过黑板模式让友方同一组中的 Agent 及时了解,同时上级 Agent 也通过黑板模式通信了解到全局的形式来作出下一步的部署。

对应于上面的装甲作战的想定,CD 代表了 A 类的连长向下属发送命令;CM 代表了 B、C 类的协同信息之间的发送。图 4 显示的是一个组之间的通信示意图,在战场中只是一个局部,在图 4 中表示为 group1 中的 Agent 以及他们的直接指挥 Agent,在战场中不同组之间的 Agent 相互之间还存在着通信,反映出现代

战场作战中各作战单元具有的主动性与灵活性,而他们的活动还是在上一级 Agent 的指挥下进行,所以又必须体现出其受制性的一方面。

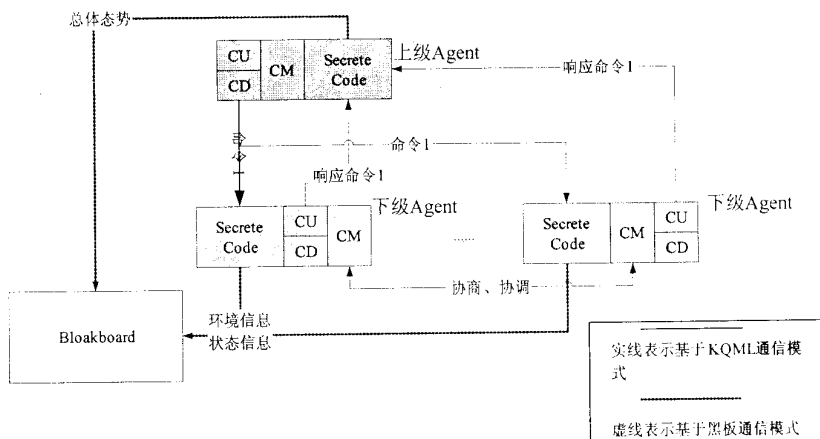


图 4 半自治作战单元的通信示意图

## 4 小 结

通信是 Agent 活动社会性的体现,在 SACM 中基于 KQML 以及黑板模式的通信模式的结构反应出基于半自治 Agent 的系统中的组织模式——不单纯是一般意义上的上下级直接指挥控制的层次结构,也不是类似一般多 Agent 系统中各个实体完全自治的自主平等的分散结构。半自治 Agent 构成的这种综合了层次结构和分散结构特点的组织结构恰当地反映了现实社会中许多系统的特点,如军事上战场环境下各个作战单元之间的协同作战,城市交通系统中车辆行驶路线选择,机场航班的安排调度等等。

### 参考文献:

- [1] Wooldridge M, Ciancarini P. Agent - Oriented Software Engineering: The State of the Art[C]// In: Ciancarini P. The First International Workshop on Agent - Oriented Software Engineering: Lecture Notes in Artificial Intelligence. [s. l.]: [s. n.], 2001: 1 - 28.
- [2] 陈建中, 刘大有. 支持多 Agent 通信的扩展 BDI 逻辑[J]. 软件学报, 1999, 10(7): 778 - 784.
- [3] Wei Xiaobin, Unland R. An XML - Based Agent Communication Framework [C]// In: Workshop on Agents and CSCW: A Fruitful Marriage, The German Conference on Computer - Supported Cooperative Work (D - CSCW 2000). Munich, Germany: [s. n.], 2000.
- [4] External Interfaces Working Group. ARPA Knowledge Sharing Initiative(U). Specification of the KQML agent communication language. Working paper[EB/OL]. 1992 - 12.

(下转第 7 页)

所得的最小均方误差如表 2 所示。

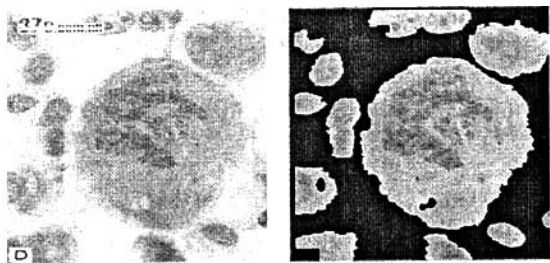


图 1 非何杰金氏淋巴瘤(组织细胞型)  
原图及分割后的图像

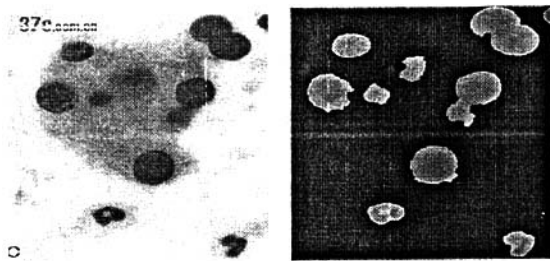


图 2 肝脏炎性病变原图及分割后的图像

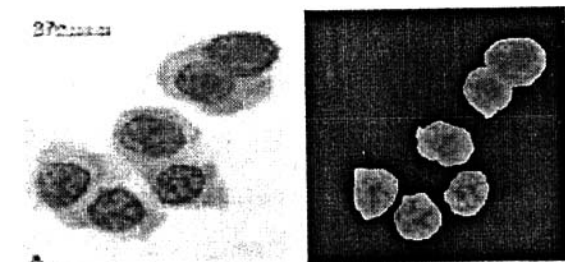


图 3 卵巢内胚瘤原图及分割后的图像

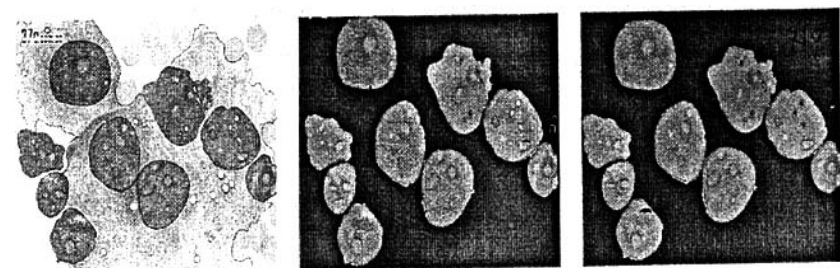


图 4 肝癌穿刺涂片原图及初始聚类数  
分别为 4 和 6 时的分割后图像

表 1 三幅医学图像的 FCM 和 GFCMA 算法结果比较

图像	类别数	最小均方误差	
		FCM	GFCMA
1	3	16.386	16.147
2	3	14.534	14.221
3	3	21.783	21.365

表 2 不同初始聚类数的 FCM 和 GFCMA 算法结果比较

初始聚类数	最小均方误差	
	FCM	GFCMA
4	14.674	14.349
5	13.752	13.489
6	11.438	11.246

5 结 论

从分割后的图像来看,FCM 和 GFCMA 算法都达到了对特定目标的分割效果,从分割效果来看,GFCMA 算法明显优于 FCM 算法,因为 GFCMA 算法克服了 FCM 算法局部寻优的缺点,采用了全局寻优策略。在初始聚类数目对分割效果的影响这一问题上,聚类数目增多,分割的精细程度就越高,细节保留的就越多,但计算的复杂度会越大。

参考文献:

[1] Dunn J C. A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well - Separated Clusters[J]. Q. Cyber Net,1974(3):32 - 57.

[2] Bezdek J C. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms[M]. New York:[s. n. ],1981.

[3] 章毓晋.图像分割[M].北京:科学出版社,2001.

[4] 李洪兴,汪培庄.模糊数学[M].北京:国防工业出版社,1994.

[5] 史忠值.知识发现[M].北京:清华大学出版社,2002.

[6] 张维,潘福铮.一种基于遗传算法的模糊聚类[J].湖北大学学报:自然科学版,2002,24(2):101 - 104.

[7] 高新波,裴继红,谢维信.模糊 C - 均值聚类算法中加权系数 m 的研究[J].电子学报,2000,28(4):80 - 83.

(上接第 4 页)

<http://www.cs.umbc.edu/kqnl/papers/kqnl-spec.ps>.

[5] Ilachinski A. Irreducible Semi - Autonomous Adaptive Combat (ISAAC): An Artificial - Life Approach to Land Warfare(U) Center for Naval Analyses[EB/OL]. 1997 - 08. <http://www.nca.orf/isaac/>.

[6] Rossetti R J F, Bordini R H. Using BDI agents to improve driver modelling in a commuter scenario[J]. Transportation Research Part C, 2002,12(3):373 - 398.

[7] 杨克巍,王正元,谭跃进.基于 DEVS 形式化描述的半自治 Agent 建模研究[C]//CAAI - 10.北京:北京邮电大学出版社,2003:177 - 182.