

从宏观和微观论多智能体系统与足球机器人系统体系结构

唐 平¹, 杨宜民²

(1. 广东工业大学 计算机学院, 广东 广州 510090; 2. 广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510090)

摘要: 在半自主型的 MAS 组织结构的基础上, 建立具有 Agent、逻辑 Agent 与物理 Agent 的异构体系, 从微观和宏观两种技术路线分析了多智能体系统(MAS)的组织结构和 Agent 的体系结构, 提出了一种足球机器人系统的分层知识、分层推理的体系结构模型, 可简化推理过程, 又增强推理能力, 提高足球机器人的应变能力和实时性。

关键词: 多智能体系统(MAS); 足球机器人; 体系结构

中图分类号: TP18

文献标识码: A

Study on multi-agent system and structure of soccer game system on macro-and-micro-basis

TANG Ping¹, YANG Yi-min²

(1. School of Computer Science, Guangdong Polytechnic University, Guangdong Guangzhou 510090, China;

2. Faculty of Automation, Guangdong Polytechnic University, Guangdong Guangzhou 510090, China)

Abstract: The macro-and-micro-structure of multi-agent system and agent is discussed. A soccer game system constructed by Host-agent, logic-agent and physical-agent is presented, which is of deliberative agent, hybrid architecture and reactive agent. In this system the structure is simplified, the inference capability is strengthened, and the robot's real-time and flexibility are improved.

Key words: multi-agent system; soccer robot; structure

1 引言(Introduction)

Minsky 首次在《思维的社会》中提出了 agent 这个概念, 认为社会中的某些个体经过协商可求得问题的解, 这些个体称为 agent. Wooldridge 和 Jennings^[1]认为 agent 应具有自主性、社会性、反应能力和预动能力. Bratman 提出 agent 基于人类的思维状态属性的最典型的 BDI 模型, 即: 信念(belief)、愿望(desire)和意图(intention). 基于所有的实际系统都是分布式的和西蒙的有限理性(bounded rationality)理论, 个体的知识, 能力都是有限的, 通过适当的体系结构将个体组织起来, 不仅能弥补个体的不足, 而且能使整个系统的能力超过任何单个个体的能力. 这样的系统称为多智能体系统(MAS). MAS 是多个具有一定程度自主性的 agent 的有机组合. 本文从微观和宏观的技术路线讨论 MAS 的组织结构和 agent 的体系结构, 从逻辑上提出一种分层知识、分层推理的足球机器人系统的体系结构模型, 由主 agent、逻辑 agent 和物理 agent 组成的 MAS 的异构系统, 其目的

是在简化推理过程的基础上, 提高机器人 agent 推理能力, 提高足球机器人的应变能力和实时性.

2 MAS 的组织结构与 agent 的体系结构 (Structure of MAS and structure of agent)

MAS 是分布式人工智能(DAI)的一个重要分支. MAS 的理论基础是建立在 agent 模型的有限理性上. 如果 agent 是以人为研究范本的话, 那么 MAS 则是以人类社会为研究范本. 与人类社会行为研究有关的系统科学、决策科学, 管理与组织理论、经济学、对策论等为 MAS 提供了理论基础^[2-5]. MAS 的特点就是将过去封闭、孤立的知识系统发展为开放、分布的智能知识系统. 研究 MAS 的理论路线可分为两种, 一种是从研究单 agent 入手, 主要研究 agent 的特征、特征的形式表达和推理的定义, 从而再扩展到 MAS 和 MAS 社会, 我们称这种研究路线为微观路线, 其理论研究的基础是传统 AI 的认知学、逻辑学等. 从微观路线考虑着重研究 agent 的内部构成模块的结构问题, 其经典的构成 agent 的方法是将

agent 看成一个知识基系统,称此 agent 为 *deliberate agent*,也称为认知式 agent.这种体系结构是一种纵向体系结构,即从低层的环境建模到高层的表达推理和控制,其动作不是传感器数据直接作用下的结果,而是经历了一系列从感知、建模到规划等处理阶段之后产生的结果^[6].这是一种基于传统 AI 的认知模型,适合于已知环境下任务明确、目标给定的系统.例如,从认知的角度考虑一个开门的规划:

- 1) 去有钥匙的地方;
- 2) 拾取钥匙;
- 3) 去到门口;
- 4) 用钥匙开门.

图 1 所示 *deliberate agent* 的体系结构模型.其过程一切都已预先规划.

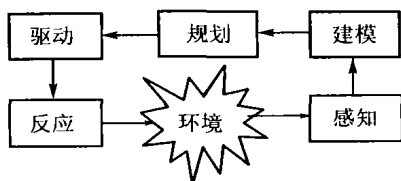


图 1 Deliberate agent 模型
Fig. 1 Model of deliberate agent

另一种是直接从 MAS 的社会性质来研究,主要从整体上对多 agent 的群体行为的性质进行分析和定义,着重研究的问题包括开放信息系统语义,联合行为的建模,多 agent 协商以及 agent 通讯等.其理论研究的基础是社会学、经济学、生存学以及对策论等,我们称这种研究为宏观路线.从宏观路线考虑,建立 MAS 相关工作的行为层次,各层次互相竞争以控制 agent 的行为.这种 agent 可为 *reactive agent*. *Reactive agent* 也称为反应式 agent.其体系结构为感知-反应的横向体系结构(或 *subsumption* 结构),是一种基于分布式人工智能的行为模型.特征是低层次行为比高层次行为有更优先的控制权,agent 只对所遇情况作出反应,无须对环境作一个思维表达.这种基于行为的方法响应快速,灵活机动,系统能力从低层次的局部规划到冲突消解等逐步提高^[6].例如,从反应式 agent 的角度考虑一个开门的规划:

- 1) 如果站在门前并有钥匙,则开门;
- 2) 如果站在门前没有钥匙,则尝试开门;
- 3) 如果门没有开且没钥匙,则找钥匙;
- 4) 如果有一条钥匙在面前,则拾起钥匙开门.

图 2 所示 *reactive agent* 的体系结构模型.其过程一切都依情景推理.

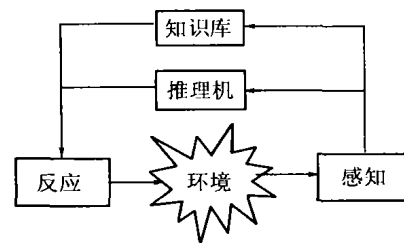


图 2 Reactive agent 的模型
Fig. 2 Model of reactive agent

Deliberate 强调规划、搜索, *reactive* 强调交互反馈,仅从微观路线出发,研究局限于 agent 个体 BDI,是难以解释群体 BDI,仅从宏观路线出发,研究又缺乏个体 BDI 的基础.将二者融合,把个体 BDI 浸透到群体 BDI 的研究,而在群体 BDI 研究中体现个体 BDI 特性,建立一种基于两者统一协调的理论基础.基于上述理论基础, MAS 的组织结构可以定义为:系统中 agent 之间的信息关系和控制关系以及问题求解能力的分布模式,它是结构和控制的有机结合,通过对角色、行为预测和控制关系的定义提供 agent 活动和交互的框架.环境的复杂性和不确定性是决定组织结构的重要因素.

3 足球机器人系统的体系结构模型 (Model of soccer game system)

足球机器人系统属多机器人系统,其物理上的分布性和逻辑上的分散性的特点,使其成为研究 MAS 的典型问题.系统由四个部分组成:视觉系统、通讯系统、主机系统和机器人小车系统.由于足球机器人系统中环境的复杂性、信息的不确定性、知识的分布性和控制实时性,因此,建立一种良好的体系结构,能提高系统的推理能力和实时反应能力.其 MAS 组织结构一般采用半自主型的基于视觉的机器人管理系统,按照宏观分析, MAS 中的 agent 应当由其机器人小车和主机中的知识库和策略库组成,它们在系统中代表一个机器人,是具有思维和行为的实体,目前这种全自主的机器人还不能达到快速反映的程度.按照微观分析,把机器人小车和主机中的知识库和策略库分别当成物理 agent 和主 agent 和逻辑 agent.物理 agent 是一个 *reactive agent*,具有实时反应能力.而逻辑 agent 作为一种 *deliberate agent* 和 *reactive agent* 的混合结构 (*hybrid architecture*),即可以规划推理,又实时交互反馈.从分担主 agent 的负担出发,将认知式和反应式进行柔性融合,在逻辑上重构 MAS 结构,将整个系统分为主 agent、逻辑 agent、和物理 agent 三种不同结构的智能体,系统呈分布式并行结构,通过视觉系统和通讯系统组成足

球机器人系统如图 3 所示。

主 agent 由静态知识和协调推理组成,多个机器人小车共享。静态知识包括球场、机器人小车和球的物理属性,一般情况下不变,当出现冲突时,需要进行协调。

逻辑 agent 由动态知识和策略库组成,完成策略规则推理和全局的路径规划。每个机器人小车都有自己的逻辑 agent,通过动态知识分析、独立路径规划。

物理 agent 一台具有接收信息和驱动行为的机器人小车,可以装入不同程度的知识粒度,进行局部的路径规划。

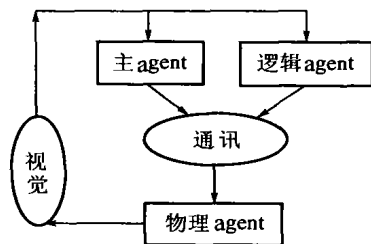


图 3 异构足球机器人系统

Fig. 3 Soccer robot system in deferent

这种 MAS 逻辑结构的重构,其 agent 不仅仅是基于纵向体系结构和横向体系结构的简单组合,它是一种即知识分开又推理分级,其特征:

1) 简化了体系结构,提高了实时能力。一般静态知识是不变的,主 agent 的工作主要是进行各机器人之间的协调推理,相对简单解决了机器人之间的冲突问题。

2) 增强了实时性。从策略推理、协调推理到行为推理,都采用并行分布机制。

3) 知识库分为静态知识和动态知识,信息共享,推理时按需进行动态存取。

4) 提高了灵活性。每个物理 agent 都有自己的逻辑 agent 进行推理,能随时反映突然变化的状态。

4 结论(Conclusion)

本文主要从微观和宏观两种技术路线讨论了 MAS 的组织结构和 agent 的体系结构,在半自主型的 MAS 组织结构基础上,提出的一种机器人足球系统的微观体系结构,机器人由主 agent、逻辑 agent 与物理 agent 组成,其目的是为了简化推理过程、增强实时性、提高足球机器人推理能力。

参考文献(References):

- [1] WOOLDRIDGE M, JEMMLINGS N R. Intelligent agents: theory and practice [J]. *The Knowledge Engineering Review*, 1995, 10(2):115 - 152.
- [2] MA Guangwei. *The research on sociality in multi-agent systems* [D]. Beijing: Tsinghua University, 2000(in Chinese).
- [3] GAO Peng. *Study on model and language for multiagent systems* [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 1998(in Chinese).
- [4] XIAO Qing. *Strategies of multi-agent coordination and cooperation and their application to manufacturing enterprise Integration* [D]. Shanghai: Tongji University, 1998(in Chinese).
- [5] KANG Xiaoqiang. *The research on the agent model and collaboration method in multi-agent systems* [D]. Beijing: Tsinghua University, 1999(in Chinese).
- [6] CAI Zixing, ZHOU Xiang, LI Meiyi. Evolutionary control architecture for autonomous mobile robot based on function/behavior integration [J]. *Robot*, 2000, 22(3):169 - 175(in Chinese).

作者简介:

唐 平 (1958 —), 女, 工学博士, 副教授。主要研究方向: 分布式人工智能与智能机器人。

杨宜民 (1945 —), 男, 教授, 博士生导师。主要研究方向: 机器人与智能控制。