

文章编号 :1009 - 038X(2001)03 - 0307 - 04

机器人足球赛中 Agent 的设计及实现

马洪峰, 刘国栋

(无锡轻工大学信息与控制工程学院, 江苏无锡 214036)

摘要:近年来, Agent 和多 Agent 系统成为计算机科学和分布式人工智能研究的一个重要方向。而机器人足球赛(Robocup)作为人工智能和机器人学的一个研究课题, 其研究领域涉及智能机器人、多智能体系统、实时推理和规则、通讯技术及传感器数据融合技术等。比赛在一个实时的多 Agent 环境下进行, 具有协作、对抗、含噪声等特点, 正好为研究多 Agent 系统提供了一种测试平台。作者主要讨论在 Robocup 实时动态环境中 Agent 的设计及多 Agent 的合作、学习等相关问题。

关键词: 机器人足球赛; Agent; 多 Agent 系统

中图分类号: TP181

文献标识码: A

Design and Application of Agent in Robocup

MA Hong-feng, LIU Guo-dong

(School of Information & Control Engineering, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036, China)

Abstract: In recent years, Agent and Multi-Agent system have been one important part of computer science and distributed artificial intelligence (DAI). Robocup is a research area within AI and robotics. The relative domains include intelligent robotics, multi-Agent system, real time planning & reasoning, and sensor technology. The match is on in real-time, noisy, collaborative and adversarial multi-agent environment, which is served as one research test bed for multi-agent system. In this paper, a new architecture was proposed and a robot soccer team underlying this framework was established. Some relative problems, such as multi-agent collaboration and learning, were also discussed.

Key words: Robocup; Agent; Multi-Agent System

Agent 是人工智能中的一个重要概念, 随着人工智能及计算机网络的发展, 对 Agent 的研究及应用正引起人们的广泛兴趣。目前, Agent 的应用已涉及个人数字助理、网络管理、远程电子会议、CAD、医学会诊等多个应用领域。

作为人工智能的一个重要分支, 近年来分布式人工智能(DAI)已成为一个研究的热点。其研究主要可分为: 分布式问题求解(DPS, Distributed Prob-

lem Solving)和多 Agent 系统(MAS)。DPS 侧重于信息管理, 包括任务分解和解答综合; MAS 侧重于行为管理, 包括如何协调各 Agent 的知识、目标、策略和规划, 以采取联合行动或解决问题。由于 MAS 比 DPS 更能体现人类社会智能, 更加适合开放、动态的环境, 因而越来越受到人们的重视^[1,3]。

机器人足球赛(Robocup)作为人工智能和机器人学的一个研究课题, 在 RoboCup 仿真球队的设计

收稿日期: 2000 - 10 - 19; 修订日期: 2001 - 03 - 20.

作者简介: 马洪峰(1975 -) 男, 河北深州人, 控制理论与控制工程硕士研究生。

万方数据

中要涉及到许多人工智能的重要问题,如 Agent 结构、多 Agent 体系以及多 Agent 合作、学习等。作者结合认知过程和最优控制器结构设计了队员 Agent 结构,并对基于该结构的多 Agent 的合作、学习进行了讨论。

1 RoboCup 简介及 Agent 结构回顾

1.1 RoboCup 简介

机器人足球的最初想法是由加拿大不列颠哥伦比亚大学的艾伦·马克沃斯教授于 1992 年提出的。1997 年,第一届机器人足球比赛在日本名古屋举行。目前,Robocup 比赛分为仿真组、小型机器人组、中型机器人组和 Sony 有腿机器人组,比赛规则与人类正规的足球赛类似。其中,仿真组采用 SoccerServer 作为标准的软件平台,该平台的设计充分体现了控制、通讯、传感和人体机能等方面的实际限制,提供了一个很好的多智能体实时环境。SoccerServer 工作于 C/S 方式:Server 仿真足球和队员的状态、与 Client 进行通信、按照一定的规则控制进程(裁判功能);Client 相当于队员的大脑,控制队员的行为。Server 和 Client 之间的通信是通过 UDP/IP 协议进行的。SoccerServer 还包含 Monitor 程序,由其负责利用 Windows(X window 或 Windows 9X)系统显示的虚拟场地,如图 1 所示。

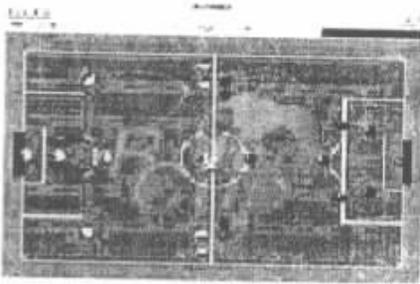


图 1 显示器

Fig.1 Monitor

在规定的仿真周期内,每一个队员(client)必须完成推理、计算和传送信息等任务,否则会失去该周期的活动机会。由于每个队员传感信息是局部的,活动能力是有限的,传感和动作带有噪音(由 Server 在一定的环境中生成环境噪声,如风速),而且队员间通讯是单信道的、不可靠的,这样就使得 Robocup 仿真比赛成为一项复杂和困难的任务,因而也为人工智能理论和技术的研究提供了可能性。

1.2 Agent 结构回顾

Agent 是人工智能中的一个概念模型,通常是指在特定环境中能感知环境,并能自治运动,代表

其设计者或使用者的实现一系列目标的实体或程序。一般由状态、目标、域知识、事件选择、推理机等组成,基本模型结构如图 2 所示。

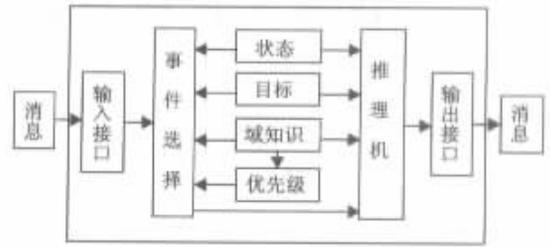


图 2 Agent 一般模型结构

Fig.2 The general model of Agent

多 Agent 系统是由多个 Agent 基于一定的协调机制组成的自组织系统。Agent 的自主性和系统的协调机制使得 MAS 在描述复杂系统方面具有优越的特点,如分布性、适应性、开放性等。一般情况下,Agent 间主要通过消息机制进行交互和协调。

目前,在 Robocup 研究领域内 Agent 结构主要分为 3 类:慎思结构、反应结构和复合结构。

慎思结构,以基于 BDI 模型者最为典型。这种结构要求每个队员都需要在内部维护一个稳定的环境模型,有一个稳定的信念(blief),这样偶然的错误信息能够被更正,不精确的信息能够被重新计算。但这种结构不能很好地适应 Robocup 这种动态环境的实时要求,不易建立准确、完整的 BDI 环境模型,有可能影响到规划决策的正确性。

反应结构,与慎思结构相比,能较好地适应实时性要求。这种结构源于现场智能体(situated Agent)能建立起传感信息到行动集间的直接映射,有较强的适应性。

复合结构,出于结合慎思结构和反应结构的特点,以设计出更适应比赛环境,且智能更高的 Agent 的想法而产生。这里有一个显然的问题是如何把两种不同的结构组合在一个控制框架中。分层结构是一种比较好的解决办法,通过分层来构造功能块,实施控制,使智能体更具有反应性、协作性、适应性等^[1,2]。

2 Agent 结构设计

通过长期研究,人们认识到揭开人的智能之迷是发展人工智能的关键,因而很多研究者投入到人脑的结构、人脑信息处理等的研究之中。由于人脑本身的复杂性,因此人脑结构目前还未能完全了解。对于人脑信息处理过程,一般则认为大致包括

感知、思考、决策、学习、行为、记忆等环节,如图 3 所示^[4].

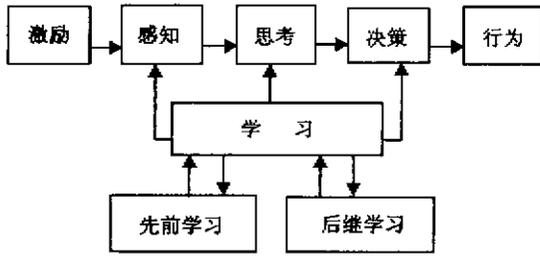


图 3 人脑信息处理简单流程

Fig.3 The simple flowchart of information process in brain

作者仿照这种处理过程,设计一种 Agent 结构,将之应用于机器人足球队上.另外,在最优控制问题中,线性二次型问题的最优解可导致一个简单的状态线性反馈控制律,便于实现闭环反馈控制,

达到比较理想的控制效果.因此,作者希望将这种思想融入 Agent 设计中.将 LQ 控制器可简化成如图 4 的结构,以便下面的讨论.

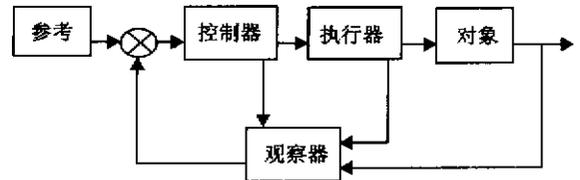


图 4 LQ 控制器简化结构

Fig.4 The reduced structure of LQ controller

由于 SoccerServer 提供的是一个动态、实时、非可靠通讯的环境,要求 Agent 应能够适应这种复杂环境;而且 MAS 中,各 Agent 不但要求自主运动,而且应当进行协作和协调,这样才能保证达到目标.因此在具体设计时,必须综合考虑了以上情况. Agent 基本结构如图 5 所示.

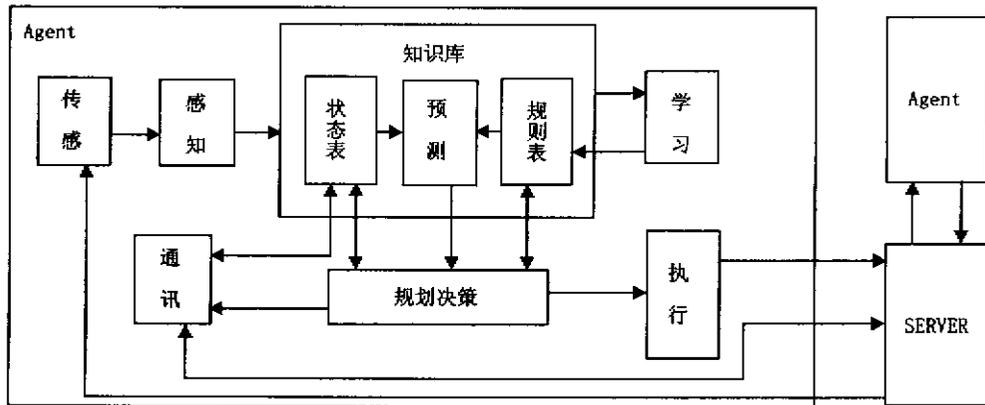


图 5 队员 Agent 结构

Fig.5 The structure of member Agent

从整体上看,该结构可分为闭环控制部分和通讯部分组成.传感、感知、知识库、规划决策等模块通过外界环境(由 Server 仿真)构成闭环控制.其中,感知、知识库完成信息的解释和组织工作;知识库、规划决策构成系统的控制器,而传感、感知、知识库、规划决策又构成了系统的观测器,执行和环境则构成了系统的受控对象.而与其它 Agent 通讯、接受感知信息、作出决策等则组成了通讯部分.各模块及相互间的关系如下:

1) 传感:负责接收 Server 发送的消息(如听觉消息、视觉消息等),并将相应的信息暂存下来,待处理.

2) 感知:负责解释传感消息,分析消息,并修改状态表.为了保证信息安全性,需对传送消息进行标识,由感知模块来进行判别工作.同时考虑到传感和执行是异步的(因为 Server 在每周期末更新状

态表,本周期使用的是上一周期的消息),因此该模块还须将处理后的本周期消息暂存下来.

3) 状态表:记录了 Agent 自身状态和获得的外部信息.自身状态包括自己所处的位置、正在采取的动作等.外部信息包括球的位置、速度、加速度,一定范围内双方队员的位置等.这样,该模块也就构筑了简单的环境模型.

4) 预测:由于 Agent 视觉、听觉能力有限,得到的信息是不完整的、不准确的,所以整个结构不能仅依据消息机制;加之传感和执行是异步的,Agent 应能根据自身状态及通讯消息,估计本周期结束时的场上状态,以辅助作出合理的决策.

5) 规则表:涉及队员的角色、行为,球队的阵形,合作协议、方案等内容的知识表述集合.

6) 规划决策:根据状态表、预测、规则表等,决定当前行为模式,并更新自身状态.其中,规划分为

两层,即:反应式规划和动态协作规划,如图6所示。

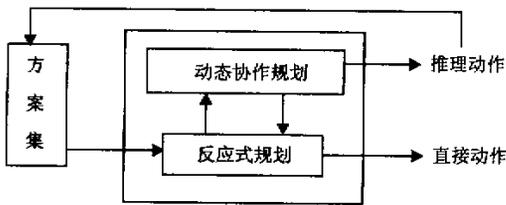


图6 规划

Fig.6 Planning

考虑到实时性的要求,Agent 尽量采用反应式规划,即在方案集(方案集属于规则表部分)中选择,在无现成方案的情况下,Agent 采用动态协作规划,但当 Agent 采用一具体行动之后,仍将通过反应式规划来判断是否有方案可以选择。决策涉及到团体的合作及单 Agent 的技能,给方案加以一个可信度,可信度的值由以前比赛和训练的结果确定,对于新加入的方案将其可信度取为 1,具体决策时,选择可信度最大的方案。

7) 执行:解释决策,形成具体动作,并负责将动作命令发送到 Server,以改变场上状态。

3 多 Agent 协作与学习

3.1 多 Agent 协作

协作在 Agent 团体中是十分重要的,因此在构建单 Agent 时,必须考虑到这一点,这主要体现在规则表模块和通讯模块。

规则表中包含了预先制定的合作协议。在 MAS 系统中,每个 Agent 被赋予收集有关本 Agent 当前状态和其他 Agent 已实现目标的有关信息的能力,Agent 可以用这些信息来优化自己的规则表中包含了预先制定的合作协议。

规则表是共享的,也就是说队员 Agent 间按照规则表,实现隐式协调,遵循某局部的行为规则,以明显的协调方式行动。构造规则表时,作者引入了角色和阵型的概念。在比赛过程中,队员 Agent 根据场上的具体情况和自身状态(也即状态表和预测模块的内容),充当合适的角色,并加以推理、规划及通讯,选择合适的动作,以实现多 Agent 的协作。

设 Agent 集合为 A , $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ 其中 a 表示 Agent;阵型为 F , $F = \{R, \{U_1, U_2, \dots, U_n\}\}$ 其中角色集 $R = \{r_1, r_2, \dots, r_k\}$, U 表示 R 的子集,称之为阵型。从 A 到 R 间的映射关系不是固

定不变的,例如:假设规则中设有阵型 F_1 和 F_2 ,其中

$$F_1 = \{r_2, r_4, r_5, r_6, \{r_4, r_5\}\}$$

$$F_2 = \{r_1, r_3, r_5, r_6, \{r_5, r_6\}\}$$

若采用 F_2 阵型,从 A 到 R 间的映射关系既可以是 $A \rightarrow R = \{(a_1, r_1)(a_2, r_3)(a_3, r_5)(a_4, r_6)\}$,也可以是

$$A \rightarrow R = \{(a_1, r_5)(a_2, r_3)(a_3, r_6)(a_4, r_1)\}$$
 等合适的关系。

当情况发生变化,需要采用 F_1 阵型时,若还由 a_1, a_2, a_3, a_4 来完成任任务,则 A 到 R 间的映射关系又可以表示为 $A \rightarrow R = \{(a_1, r_5)(a_2, r_4)(a_3, r_6)(a_4, r_2)\}$ 等。

角色和阵型均可以改变,具有柔性,这样提高了 Agent 团体的灵活性。

当然,要取得良好的合作效果,Agent 间还须利用通讯。这由通讯模块完成相应的任务。通讯越有效,推理规划的可靠度越高,合作成功率越大,在对抗中就能取得优势。在 RoboCup 中,多 Agent 间的通讯方法为黑板结构,该黑板包含在 Server 中,实现的是一种广播式通讯。因此,队员 Agent 的通讯模块应完成:1)通报双方队员和球的位置、方向、速度等;2)通报队友自己的行为,以便防止与队友 Agent 的行为发生冲突;3)要求某相应 Agent 执行任务,实现多 Agent 间的协调与合作。

但在 SoccerServer 中,通讯是不可靠的,消息有可能丢失,因此 Agent 在行为决策时只能利用消息,而不能依赖消息。

3.2 多 Agent 学习

多 Agent 学习的定义有两种:从狭义上讲,多 Agent 学习仅指多个 Agent 一起追求一个共同的目标;从广义上讲,多 Agent 学习还包括各个 Agent 追求各自的目标,但在学习过程中受到其它 Agent 的知识、信念、意图、行为等的影响。

由于 SoccerServer 是极为复杂的实时环境,其状态空间极大,形成较完整的规则表单靠手工编码是行不通的。同时,考虑 SoccerServer 的动态性,Agent 要适应这种环境,学习也是必不可少的。因此,作者在 Agent 结构中考虑加入了学习模块。

多个 Agent 以团队的形式去完成一些复杂的学习,受到 Agent 间交互的影响,具有动态性和并行性,存在多 Agent 系统的学习目标与某个个体 Agent 的目标相冲突的情况,如何处理好交互问题是一个关键。

(下转第 314 页)

4 结 论

作者设计的 Agent 结构,采用 Linux RedHat 6.0操作系统,在 X Window 下,进行了基于该结构的软件设计,并参加了中国第二届 Robocup 比赛,取得了基本满意的效果.在今后的工作中,作者考

虑在规划、决策以及如何使 Agent 更具有智能上下功夫,并考虑引入神经网络、遗传算法、加强学习等来改善学习模块、规划决策模块及预测模块,提高整体的智能及通用性,以适用于其它实时动态环境.

致谢 清华大学 Robocup 小组和中国科技大学宋志伟同学为本论文的写作提供了不少帮助,特此致谢!

参考文献:

- [1] KITANO H, KUNIYOSHI Y, NODA I, *et al.* RoboCup: A challenge problem for AI [J]. **AI Magazine**, 1997, 18(1): 73 ~ 75.
- [2] STONE P. Layered Learning In Multi-Agent System [D]. 美国 : 卡内基-梅隆大学, 1998.
- [3] 史忠植. 高级人工智能 [M]. 北京 : 科学出版社, 1998.
- [4] 郭巧. 现代机器人学 [M]. 北京 : 北京理工大学出版社, 1999.