

多智能体控制系统的设计与实现 *

刘金琨 王树青

(浙江大学工业控制技术国家重点实验室·杭州, 310027)

(中国科学院自动化研究所, 模式识别国家重点实验室·北京, 100080)

摘要: 本文提出了利用多智能体技术实现控制系统的思想, 分析了该系统的结构, 采用黑板结构及产生式规则表达方法, 对多智能体控制系统进行了设计, 并对系统的设计做了进一步的探讨.

关键词: 多智能体; 黑板结构; 控制系统

Design and Realization of Multiagent Control System

Liu Jinkun and Wang Shuqing

(The National Laboratory of Industrial Process Control Technology, Zhejiang University·Hangzhou, 310027, P. R. China)

(National Laboratory of Pattern Recognition, Institute of Automation Chinese Academy of Sciences·Beijing, 100080, P. R. China)

Abstract: In this paper, the multiagent control system is put forward, and its structure is analyzed, which is designed by adopting blackboard model and production rule expression method. The design of the system is gone deep into discussion.

Key words: multiagent; blackboard structure; control system

1 引言(Introduction)

现代工业的发展方向是向大型化和复杂化的方向前进, 对复杂控制系统的研究需要突破任何一种单一的模式而采用多子系统有机集成的形式^[1]. 多智能体技术的发展为复杂系统的智能控制提供了一条新的途径^[2]. 采用多智能体技术进行控制, 不追求单个的、庞大的、复杂的体系, 而是按控制应用的要求, 从功能上划分成多个智能体, 各个智能体相互通讯、彼此协调, 共同完成大的复杂系统的控制作业任务, 该系统不仅具备一般分布式系统所具有的资源共享、易于扩张、可靠性强、灵活性强、实时性好的特点, 而且各智能体通过相互协调、相互协作可解决大规模的复杂问题, 克服了建立一个庞大知识库所造成的知识管理和扩展的困难, 使系统具有很强的鲁棒性、可靠性和自组织能力^[3]. 多智能体系统的集成与协调功能为复杂生产过程的分布式智能控制提供了新的途径.

2 多智能体控制系统的结构(Multiagent system structure)

2.1 单个智能体的结构(Single agent structure)

在多智能体系统中, 单个智能体具有感知、通讯、行动及控制和推理能力等基本功能^[4], 它包括三个层次, 即通讯层、协调层和控制层. 协作层是多智能体系统的核心, 包括本体模型、熟人模型、协作模块和评估模块. 对于不同的应用领域, 智能体具体的结构有所差异, 本系统中智能体基本结构设计为图 1 所示的形式.

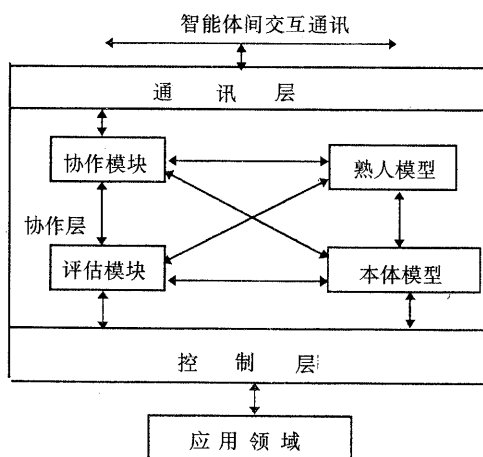


图 1 单个智能体的框架结构

Fig. 1 Single agent framework

* 国家自然科学基金(69874037)和清华大学智能技术与系统国家重点实验室开放课题基金资助项目.
本文于 1997 年 10 月 16 日收到. 1998 年 6 月 22 日收到修改稿.

2.2 多智能体控制系统的结构 (Multiagent system structure)

由多个智能体相互协调实现对复杂系统的控制,便构成多智能体控制系统.多智能体系统中每个智能体是一个物理的或抽象的实体,能作用于自身和环境,操纵环境的部分表示,并与其它智能体通讯,多智能体控制系统结构如图 2 所示.

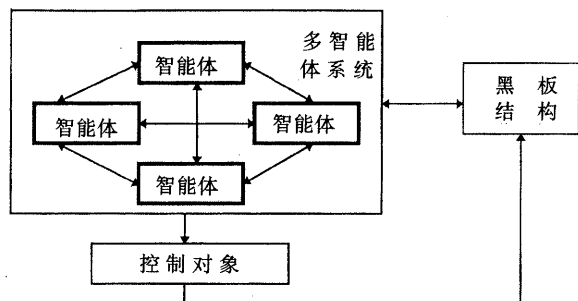


图 2 多智能体控制系统的结构
Fig. 2 Multiagent control system structure

2.3 系统的黑板结构 (System blackboard structure)

采用黑板结构作为多智能体控制系统中各智能体进行交互的场所.黑板记录各智能体所需要的信息和产生的假说,提供给所有的智能体共享,各智能体的交互通过黑板来进行,在系统运行过程中黑板上的假设不断地被修改,并最终导致获得领域问题的解.

采用黑板结构建立多智能体控制系统,具有以下优点:1) 各智能体共享黑板中各层次的信息,有利于求解事先无法确定问题求解次序的复杂问题;2) 各智能体相互独立,有利于不同的人员独立地设计、测试与更新知识源;3) 求解时,动态地选择和激活适当的智能体,使系统可利用最优信息和选择最有希望的解题方法;4) 适于并行处理,各智能体在黑板的不同信息层上相对独立地进行知识处理活动,在黑板调度程序的控制下,完成不同任务的智能体可在不同的计算资源下并行执行,提高了系统的实时处理能力.

3 多智能体控制系统的设计 (Multiagent control system design)

系统的设计是根据其结构进行的,应分别对其各个层次进行设计.在多智能体控制系统中,智能体间通过协作模块、评估模块和控制层来行动,合作完成任务.采用产生式规则来建立智能体协作和控制的描述,具体的设计方法如下.

3.1 通讯层的设计 (Communication layer design)

通过对黑板结构的设计来完成.在黑板结构中,

不同的智能体以不同层次的数据作为输入,其输出又是其它层次上的输入数据,这使得问题求解可以利用以前生成的信息,提高了数据的应用能力.同时,智能体通过对黑板数据的添加和修改导出问题的正确解.

3.2 协作层的设计 (Cooperation layer design)

在多智能体系统中,单个智能体首先作为个体而存在,同时又是多智能体系统的一员,与其它智能体产生协调活动.智能体的协作层设计按功能分为四个部分内容:本体模型,熟人模型,协作模块及评估模块.

3.2.1 模型的设计 (Model design)

本体模型主要是用于局部问题求解,而熟人模型主要是用于智能体间的相互作用.它们在多智能体问题求解及协作过程中起着重要的作用,并分别承担下述任务:1) 实现系统的目的性;2) 实现了系统的协调一致性;3) 实现自我推理.

3.2.2 模块的设计 (Module design)

多智能体在协作过程中会发生冲突,通过对智能体协作模块和评估模块的设计,可完成多智能体的协作活动,它包括以下两部分内容.

1) 设计协作模块.

协调活动初始化;维护协作活动,跟踪及监控整个过程直至完成;对其它智能体的协作请求作出反应;在完成协作请求过程中,如果发现智能体间存在冲突问题,则进行冲突解决处理.例如,有下面协作模块规则:

规则 1 IF 系统收到一个智能体愿意参与多智能体协作的消息 THEN 更改协作信息,并通知其它智能体;

规则 2 IF 系统要求多个智能体协作完成某一任务 THEN 选择能完成该任务的智能体.

2) 设计评估模块.

评估模块负责区分智能体是作为“个体”还是作为群体中的“组员”而存在,它决定哪个行动应该局部进行,哪个行动应该协作执行.前者通知问题求解层,后者通知协作模块.例如,有如下用于评估模块的规则:

规则 1 IF 某一任务不能局部完成 THEN 通知协作模块,告知需要其它智能体的协作;

规则 2 IF 智能体请求参与协作行动 THEN 评估该请求,以确定是否和现有承诺一致.

3.3 控制层的设计 (Control layer design)

它是协作层和领域任务的接口,一方面接受来

自评估模块的命令,进行问题求解,另一方面要监测什么时候任务完成,在何处放置结构并将信息反馈回评估模块等.在实际问题的求解中,任务的执行管理需要复杂的推理,任务不能随意挂起或取消,否则会造成系统的不一致性,同样任务的插入要根据它的优先权或约束来进行.例如,有如下用于控制层的规则:

规则 1 IF 要执行有关任务,并且有关信息已可用 THEN 启动该任务;

规则 2 IF 收到来自评估模块挂起任务的命令 THEN 将任务挂起.

3.4 黑板结构的设计(Blackboard structure design)

主要对黑板结构的控制策略进行设计,它包括黑板监视程序和调度程序,其作用是监督黑板上的变化,决定系统的下一步处理对象.通过对黑板结构控制策略的设计实现多个智能体的协调与调度,控制对象的反馈结果通过结构加以调整.

多智能体系统中不同的智能体可看成不同的类及对象,本系统采用面向对象的软件开发语言 C++ 对多智能体控制系统进行设计,具体可分为智能体的协作层、通讯层和控制层及黑板模型的设计.以控制层的设计为例,设计主程序如下:

```
Class control-layer: agent
```

```
{ control task excution();
  feedback information(); }
```

```
Class control task excution: control-layer
```

```
{ excute task();
  suspend task();
  reactivate task();
  stop task(); }
```

4 仿真实验及分析(Simulation and analysis)

采用多智能体技术对高炉进行分布式智能控制,将判断高炉异常炉况(悬料、管道、崩料等)及高炉热状态知识按功能分布和知识分布原则合理划分

后分配到各智能体上并行工作,使各智能体间互相通讯和协作容易进行,从而提高高炉的知识处理能力和效率,实现高炉异常炉况控制的集成.

作者分别采用 C++ 在 PC 机上建立了专家系统^[5]和多智能体控制系统,并分别用二者对高炉异常炉况进行判断,仿真结果表明,与高炉专家系统相比,高炉多智能体控制系统对高炉的命中率有了很大的提高,其中“高炉热状态”判断命中率从 87% 提高到 95%.

5 结论(Conclusion)

本文采用产生式规则实现了多智能体控制系统的表达与设计,建立了基于黑板结构的多智能体系统,仿真结果表明该系统具有较好的效果.采用多智能体进行分布式智能控制,必将为实现智能控制的集成开辟新的途径.多智能体控制系统在不确定性推理、学习、控制的稳定性和可靠性等方面还未得到深入的研究,在实际应用中有待于进一步的完善.

参考文献(References)

- 1 冯纯伯.复杂工业过程的控制问题.控制理论与应用,1992,9(3): 303-305
- 2 Michael W and Nicholas R J. Intelligent agents: theory and practice. Knowledge Engineering Review, 1995, 10(2): 115-152
- 3 Jennings N. Cooperation in industrial multi-agent systems. World Scientific Series in Computer Science, Singapore, 1994, 1-77
- 4 Shoham Y. Agent oriented programming. Artificial Intelligence, 1993, 60(1): 51-92
- 5 刘金琨,邓守强.高炉热状态预测专家系统的设计及实现方法.东北大学学报,1995,16(5): 473-477

本文作者简介

刘金琨 1965 年生.分别于 1989 年,1994 年,1997 年在东北大学获学士、硕士和博士学位,现为浙江大学工业控制技术研究所博士后.在学术刊物及会议发表论文 50 多篇.主要研究方向为智能控制理论及应用,复杂工业过程建模等.

王树青 见本刊 1999 年第 4 期第 540 页.