

文章编号: 1001-0920(2001)02-0177-04

基于 Agent 的集散递阶智能控制的研究

王俊普, 陈白皋, 徐杨, 刘树会
(中国科学技术大学自动化系, 安徽合肥 230027)

摘要: 在智能控制系统分级递阶结构的基础上, 将分级递阶的人为划分与集散控制系统的自然划分结合起来, 提出了集散递阶智能控制的概念, 并以 Agent 作为各级智能控制器, 构成多 Agent 系统 (MAS)。针对集散递阶智能控制的特点, 提出这类 MAS 的主从式协调机制, 分析了系统中 Agent 共有的基本特性, 阐述了其复合式结构和系统的实现方案。

关键词: Agent; MAS; 集散递阶; 智能控制

中图分类号: TP 317 文献标识码: A

Study of Agent-based Distributed Hierarchical Intelligent Control

WANG Jun-pu, CHEN Hao, XU Yang, LIU Shu-hui

(Department of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China)

Abstract: According to the hierarchical structure of intelligent control systems, the concept of distributed hierarchical intelligent control (DHIC) is presented by blending the factitious division of hierarchical systems and the natural division of distributed control systems. A multi-agent system (MAS) is constructed by taking agents as intelligent controllers of DHIC. Contraposing to the characteristic of DHIC, a dominant-subordinate mechanism is proposed to coordinate this kind of MAS. The commonness of agents in the MAS is analyzed and agent's compound structure and implementation scheme of the systems are expatiated.

Key words: Agent; MAS; distributed hierarchy; intelligent control

1 引言

智能控制是在人工智能与自动控制相结合的基础上形成的一门交叉学科。Agent, 特别是 Multi-Agent 作为分布式人工智能的一门新技术, 已成为研究热点并取得一些重要成果^[1,2]。Agent 技术已得到广泛应用, 从简单的个人电子邮件过滤器到复杂的空中交通控制, 都已成为 Agent 大有作为的领域^[3]。Agent 技术也受到智能控制界的关注, 并被应

用到智能控制系统中^[4,5]。

典型的智能控制系统采用分级递阶结构^[6]。分布式人工智能主要研究在逻辑上和物理上分散的智能系统如何并行、协调地实现问题求解。文献[4]介绍了面向过程控制的 Multi-Agent 控制系统的结构; 文献[5]探讨了基于对象/Agent 计算机集成过程运行系统的建模问题。本文则以智能控制系统的分级递阶结构为基础, 阐述基于 Agent 的智能控制系统 (ABICS) 的一般结构、特点及实现技术方案。

收稿日期: 1999-12-27; 修回日期: 2000-05-08

作者简介: 王俊普 (1940—), 男, 辽宁抚顺人, 教授, 从事智能控制、人工智能等研究; 陈白皋 (1974—), 男, 湖南岳阳人, 硕士生, 从事智能控制、机器学习等研究。

2 ABICS 的集散递阶结构

Saridis 把智能控制系统划分为三级: 执行级、协调级和组织级^[6]。其中, 组织级是整个系统的主脑, 它接受并翻译输入指令和相关的系统反馈, 决定要执行的任务, 并按合适的执行次序将其分解为子任务; 协调级接受来自组织级的指令和每一子任务执行过程中的反馈信息, 并协调执行级的执行过程; 执行级的任务通常包括执行特定的运动, 它要求具有过程的数学模型知识、过程的终结状态以及由协调器定义的性能指标或代价函数。

Saridis 指出, 智能控制系统遵循“精度伴随智能递增而递减”的原理, 分级分配控制与管理任务。这种分级递阶结构的优点在于强调了系统追求目标的功能, 控制线路明确, 易于解析描述。

集散控制系统采用地理上分布、控制功能上分散、管理操作集中的系统结构。将集散控制系统自然划分的集散性与智能控制系统人为划分的分级递阶性结合起来, 我们提议基于 Agent 的智能控制系统 (ABICS) 应采用集散递阶智能系统结构, 如图 1 所示。执行级由现场控制机实现, 协调级由操作站和监督计算机实现, 组织级由管理计算机实现, 从而构成一个多 Agent 系统(MAS)。系统的通信可采用更灵活的方式进行。

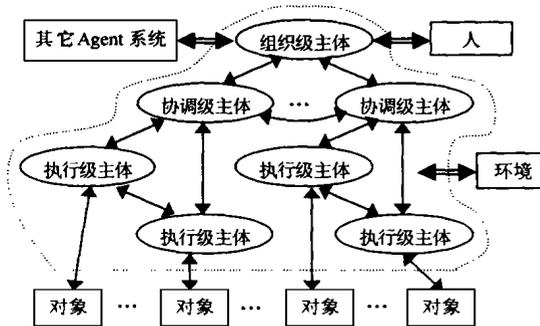


图 1 基于 Agent 的智能控制系统结构

在本文提出的 MAS 中, 多个 Agent 形成一个有组织、有序的群体, 共同工作在“环境”中。它们的组织性和有序性体现在: 一个组织级 Agent 管理若干个协调级 Agent; 一个协调级 Agent 管理若干个执行级 Agent。这种组织结构类似于人的群体组织, 有领导者和被领导者, 分工协作, 共同完成特定的任务。我们定义这种 MAS 的协调机制为主从协调式。每个 Agent 都处于环境中, 根据环境信息完成各自承担的工作。同时, 这种 MAS 也可作用于环境, 如机器人。它还可以与人交互, 接受人的各种指令或下

达的任务。此外, Agent 可与其它类似的 Agent 系统进行交互, 构成更高一级的有组织、有序的 MAS, 如多机器人系统。

3 ABICS 中 Agent 的基本特性和结构

根据 ABICS 的组织结构, Agent 的基本特性应包括: 自治性、可通信性、反应性、面向目标性和对环境性等。自治性是指 Agent 对自己的行为或动作具有控制权, 无须外部干预, 自主地完成其特定的任务; 可通信性是指每个 Agent 在有组织的群体中, 通过相互通信接受任务指派和反馈任务执行的信息; 反应性是指 Agent 应具备感知环境并做出相应动作的能力; 面向目标性是指 Agent 能对自己的行为做出评价并使其逐步导向目标; 针对环境性是指 Agent 只能工作在特定的环境中。

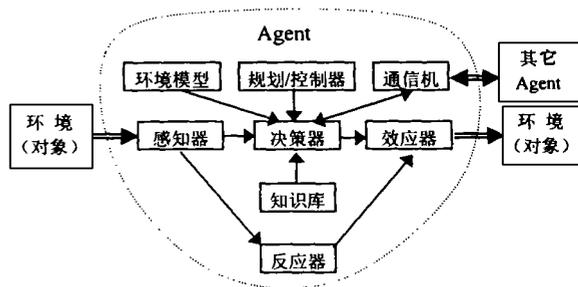


图 2 Agent 的复合式结构

根据上述要求, Agent 采用具有反应和认知能力的复合结构, 如图 2 所示。图中的“环境”是广义的, 可以是外部世界, 也可以是被控对象, 甚至是人。感知器通过传感器接受环境信息, 并进行预处理和特征辨识。反应器对来自感知器的信息做出判别, 对于紧急状态或简单状态直接启动效应器, 采取相应动作。对于非紧急状态, 通常通过决策器做出相应决策后, 再启动效应器采取相应动作。决策器的决策不仅需要环境信息, 而且需要环境模型才能预测其未来的行动。同时, 其它 Agent 可能通过通信机对其未来的行动提出请求, 规划器可能预先对其行动已制定出方案。在这种情况下, 决策器将根据冲突消解知识进行消解, 决定其采取的相应动作。

4 ABICS 的实现方案

对于 ABICS 的实现而言, 构造 Agent 的结构模型是非常重要的。不同阶次的 Agent 均具有上述基本特性, 不同之处仅在于它们的决策策略、能做的动作、知识的表示等。通过对不同部分的分离, 可以定

义一个对所有 Agent 都相同的内核结构。不同的 Agent, 其内核中各个部分的内容可以有所区别。在内核结构的基础上, 采用类似于计算机主板上扩展槽的“接口”, 可以方便地实现 ABICS 中各阶次的 Agent, 如图 3 所示。

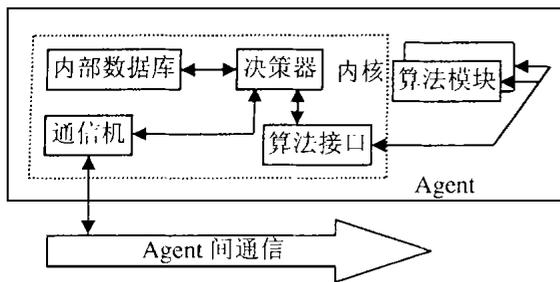


图 3 ABICS 单元 Agent 的一种实现方案

Agent 主要由内部数据库、决策器、通信机、算法接口及算法模块 5 部分组成。图中虚线框内部分是 Agent 的内核。

4.1 内部数据库

内部数据库包括该 Agent 对自身的描述及对世界状态的描述等。

(1) Agent 对自身的描述

1) Agent 的名称: 在 Agent 间通信时, 它作为 Agent 的标志;

2) Agent 所拥有的控制算法模块的名称及其描述;

3) Agent 自身的状态: 包括进行消息处理、运行算法模块、操作执行机构(执行级 Agent)及接收用户的指令(组织级 Agent)等;

4) Agent 的目标集合: 目标通常是自上而下地下达, 如用户向组织级 Agent 下达目标, 组织级 Agent 向协调级 Agent 下达等。目标可以根据系统状态动态地调整。

(2) Agent 对世界状态的描述

ABICS 中各个 Agent 处于共同组成的群体之中, 同时面对“环境”。

1) 在执行级, 描述其所控制的对象名称及其参数、相关的协调级 Agent 的名称;

2) 在协调级, 描述其相关的执行级 Agent 的名称、能力、目标等, 以及组织级 Agent 的名称;

3) 在组织级, 描述协调级各 Agent 的名称、能力、目标等。

4.2 通信机

通信机负责与其它 Agent 的通信, 接受和处理来自其它 Agent 的消息, 同时负责发送决策器发出

的消息。消息是 Agent 间通信的语言。目前国际上比较流行的语言是 KQML^[7], 它基本能满足集散递阶智能控制系统中 Agent 间通信的要求。

在 KQML 所定义的保留消息的框架内, 一个 Agent 可以询问另一个 Agent 数据库里的内容, 相应的 Agent 可以进行回答。下级 Agent 向上级 Agent 注册, 并接受上级的管理; 上级 Agent 可以要求下级 Agent 操纵对象达到某个目标或撤消该操作。KQML 提供了一些保留消息用于 Agent 间的协作。例如, 一个执行级 Agent 可以要求它的协调 Agent 寻求一个(或若干个)其它 Agent 响应其某个要求。这样, 在该协调 Agent 管辖范围内, 多个 Agent 可以通过共享算法模块实现协作。

4.3 决策器

决策器是 Agent 的核心。它包括: 消息处理、任务接受与分解、状态监测与反馈。

(1) 消息处理

1) 检测消息队列, 并按顺序提取队列中的消息;

2) 根据取得的消息执行相应的动作;

3) 检测算法接口, 如果有消息需要发出, 则将该消息发出并赋予适当的类型。

(2) 任务接收与分解

1) 接收来自上层 Agent 下达的任务(组织级 Agent 接收用户的指令), 并存储在内部数据库中;

2) 在组织级和协调级, Agent 将接收的任务提交算法模块, 并分解为各下层 Agent 的目标;

3) 将各下层 Agent 的目标存入数据库, 并自顶向下地分发下达到下层 Agent。

(3) 状态监测与反馈

1) 定期查询各下层 Agent 的状态(执行级 Agent 查询被控对象的状态);

2) 自底向上地将该状态集反馈给上层 Agent。

4.4 算法模块

如果说 Agent 的内核是它的“壳体”, 那么算法模块则是其“实质”和“内容”; 它决定了一个 Agent 的能力。这里的算法具有更广泛的含义。由于不同级别 Agent 目标的差异, 其算法模块的智能程度也随级别的增加而相应提高。

在执行级, Agent 直接面向控制对象, 因此主要是控制算法, 如 PID 控制、自适应控制、模糊控制及神经网络控制等。在协调级和组织级, Agent 的目标在很大程度上是协调和决策, 故多采用面向认知系统的算法, 包括推理、规划、决策甚至学习。当然, 任

何一级的 Agent 都需要具有数据处理和特征状态识别的能力,只是不同级别的 Agent 可以采用不同的“算法”。

4.5 算法接口

Agent 内核与算法模块之间的通信是通过接口完成的。只要为 Agent 内核与算法模块之间的通信提供一套标准的接口,便可使算法模块方便地与内核及其它 Agent 通信,从而使算法独立于 Agent,实现算法的重用和移植,也便于在同级 Agent 间实现算法共享。

除上述 5 部分外,由于组织级 Agent 位于分散递阶控制系统的顶层,直接接受来自用户的输入指令,并将系统的状态反馈给用户,因此还需要一个面向用户的接口。

5 结 语

本文提出一种基于 Agent 的集散递阶智能控制的思想,并勾画了 ABICS 中各个层次的 Agent 的结构、功能及实现方案。如何实现具有并行、分布式结构的 ABICS 系统并应用于实际,是我们下一步工作的目标。将具有更高智能的 MAS 与传统的 DCS 相结合,充分发挥 MAS 的能力和 DCS 的结构优势,实现地理上分布、控制功能上分散、管理操作集

中的智能化功能,将是解决复杂系统控制问题的发展方向。

参考文献:

- [1] Jennings N R, Sycara K P, Wooldriage M J. Agent technology: Foundations, applications and market [M]. Heidelberg: Springer-Verlag, 1997.
- [2] 胡舜耕,张莉,钟义信. 多 Agent 系统的理论、技术及其应用[J]. 计算机科学, 1999, 26(9): 20-24.
- [3] Jennings N R, Sycara K P, Wooldriage M J. A roadmap of agent research and development[M]. Autonomous Agents and Multi-agent Systems. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. (1): 275-306.
- [4] Wittig T. ARCHON: An architecture for multi-agent systems [M]. Chichester England: Ellis Horwood, 1992.
- [5] 杨爱东,郭壮,秦宏启,等. 基于对象/Agent 的计算机集成过程运行系统建模研究[J]. 控制与决策, 1999, 14(3): 240-244.
- [6] Saridis G N. Intelligent robotic control[J]. IEEE Trans on Automatic Control, 1983, 28(5): 547-557.
- [7] Yannis Labrou, Tim Finin. A proposal for a new KQML specification[R]. Pittsburg PA: TR CS-97-03, 1997.
- [49] N Mani. Towards a cooperative multi-agent approach for computer aided VLSI design[J]. IEEE Proc. 1996, 78(3): 2119-2123.
- [50] P C Michal. Discourse model for collaborative design [J]. Computer-aided Design, 1996, 28(5): 565-574.
- [51] M R Cuskosky. PACT: An experiment in integrating concurrent engineering systems[J]. IEEE Computer, 1993, 26(1): 30-42.
- [52] H Park, M R Cutkosky, A B Conru *et al*: An agent-based approach to concurrent cable harness design. Artificial Intelligence for Engineering Design. Analysis and Manufacturing, 1994, 8(1): 45-61.
- [53] M Merz, B Liberman, W Lamersdorf. Using mobile agents to support interorganizational workflow management[J]. Applied Artificial Intelligence, 1997, 11(6): 551-572.
- [54] M Gams, B Hribovsek. Intelligent personal-agent interface for operating systems[J]. Applied Artificial Intelligence, 1996, 10(4): 353-383.
- [55] S N Hyacinth. Software agents: An overview[J]. The Knowledge Engineering Review, 1996, 11(3): 205-244.
- [56] S Sen. Developing an automated distributed meeting scheduler[J]. IEEE Expert, 4(1): 41-45.
- [57] A Farias, T N Arvanitis. Building software agents training system: A case study on radiotherapy treatment planning[J]. Knowledge-based Systems, 1997, 10(2): 161-168.
- [58] V Sahasrabudhe. A multiagent control system framework for smart structures [A]. AIAA [C], USA, 1998. 4202-4215.
- [59] W Kohn, A Nerode. Multiple agent autonomous hybrid control systems[A]. Proc of the IEEE Conf on Decision and Control[C]. Tucson, 1992. 16-18.
- [60] A Mehra, C Virginior. Adaptive process control for a plating line using intelligent agents[A]. Int Conf on Multiagent Systems, ICMAS' 98[C]. Paris, 1998. 76-82.

(上接第 140 页)