

实时产生式系统

李明树 唐朔飞 石 森 胡铭曾

(哈尔滨工业大学计算机系 哈尔滨 150006)

摘 要

产生式系统是一种重要的人工智能程序设计语言,但却比较难于应用到实时领域之中。本文在分析其在实时应用方面两个主要不足的基础上,对实现实时产生式系统的几种可能途径与方法做了较为深入的探讨。

关键词: 产生式系统,实时,速度,异步。

1、引言

产生式系统 (production systems),也称为基于规则系统 (rule-based systems),是当今最负盛名的一种人工智能程序设计语言。一些产生式语言或工具(如 OPS 或 EMYCIN)在商业和学术研究中普遍应用。产生式系统及采用产生式方法开发的专家系统已有诸如诊断、解释、设计、分类、计算机构造、VLSI 布线、医疗会诊等大量应用领域,而且通常认为产生式系统思想最接近人类思维过程。

目前,专家系统技术正越来越多地开始转向实时领域,如在航空航天、过程控制、医疗监测及机器人学等方面的应用。尽管其它一些基于知识的实时方法得到迅速发展,传统产生式系统在实时环境应用却比较困难。本文在分析产生式系统在实时应用方面之主要不足的基础上,对实现实时产生式系统的几种可能途径与方法做了探讨。

2、产生式系统实时应用的不足

一般来说,表示形式单一及对于用户来说容易理解,使产生式系统成为最重要的知识表示方法^[1]。但同时它也有诸如规则间的相互关系不明显;知识的整体形象难以把握;难于管理和维护;处理效率低;推理缺乏灵活性;出现控制饱和问题;与真正专家的知识结构不同等不足^[2]。而影响产生式系统实时应用的两个主要问题是:

2.1 低执行速度

影响产生式系统处理实时任务的主要障碍是其庞大的搜索/匹配时间,要占全部计算时间的 90%。在一些动态变化环境下,产生式系统的推理速度尤其不能满足要求。

2.2 对异步外部事件不敏感

多数产生式系统处理输入数据的唯一方式是在执行过程中执行选定规则右手部RHS的“读”语句,这就带来两个局限性:

1) 外部数据只有通过执行一个确定的读语句才能输入。产生式系统仅能在程序运行期间的某一特定时间处理高确定性数据,却不能接受和处理具有随机和突然特征的实时数据。

2) 外部数据变化不能直接控制产生式系统程序运行。

这两个局限对需要接受紧急外部事件信息的实时专家系统尤其不适宜。

3、实时产生式系统方法讨论

近年来,人们在开发实时产生式系统方面做了大量工作,并有许多成功的实践。这里首先回顾一下几个系统的有关工作:

采用 OPS5 实现,执行计算系统活动控制和提供计算机操作建议的实时专家系统 YES/MVS^[3] 实现其实时能力,主要基于两种方法: 1) 编译规则右手部; 2) 所有规则采用以一个主计算机支持的三个分立机器形式的并发过程分布在 OPS5 系统上。

实时控制是应用混合专家系统 HEXSCON 采用三种方法改善其实时性能^[4]: 1) 传统算法求解和 AI 求解结合使用; 2) 产生式规则被编译成更紧凑形式; 3) 采用逐步推理 (progressive reasoning) 的推理策略。

用于实时过程控制系统 PICON 采用两种方法^[5]: 1) 使用并行执行的两台处理机; 2) 产生式规则本身有明确的示意,使得当一个给定状态到达时,决定应用什么规则。还有 PRIOPS^[6],一方面把匹配过程划分为自动的和控制的,分别对应于对紧急环境条件的认识及反应和相关于智能概念的更柔性问题求解行为; 另一方面通过在匹配阶段就比较信息的优先权来聚焦匹配。

可以把实现实时产生式系统的方法概括为相关的两个侧面:

3.1 加快产生式系统执行速度

加快产生式系统执行速度必须从软件、硬件两方面着手。目前,这方面的研究主要集中在开发高效的专用算法和结构,以改善特别是在某些动态变化环境下的产生式系统匹配、推理速度太慢的状态。

1) 开发象 Rete^[7] 一样的快速匹配算法是一种采用软件技术加快产生式系统匹配过程的有效方法;

2) 改进推理执行机制,设计象采用黑板模型、用于谈话语音理解的 HEARSAY-II^[8] 及用于实时信号处理和解释的 HOPES^[9],使其适于并发执行;

3) 在数据驱动的产生式系统程序设计语言中,借鉴和引入特别是传统命令驱动的控制流思想,具有潜在的前景, OPS83 可算是一个有益的尝试^[10]。在产生式系统中借鉴传统控制流思想可以聚焦和加快问题求解过程,并避免庞大无序规则库和数据库的潜在危险,这或许涉及到新一代程序设计思想的确立,是个有意义的课题;

4) 把产生式系统映射到神经元结构,比如三层环结构反馈网络 (three layers of

ring-structured feedback network), 以期建立起有效并行处理机制, 提高处理效率. 一种映入后包括三层(条件层, 规则层, 动作层)及三个关联存储器 (AM1, AM2, AM3) 的结构如图 1 所示.

已经证明, 在三层间使用三个关联存储器的方法显著减少了匹配时间^[11].

3.2 建立实时异步环境

这种方法目的在于通过创新数据结构、执行策略及骨架结构以使产生式系统能够实现异步数据的快速合成和实时反应, 这样就形成了异步产生式系统 (Asynchronous Production System, APS) 的概念^[12]. APS 保留了传统产生

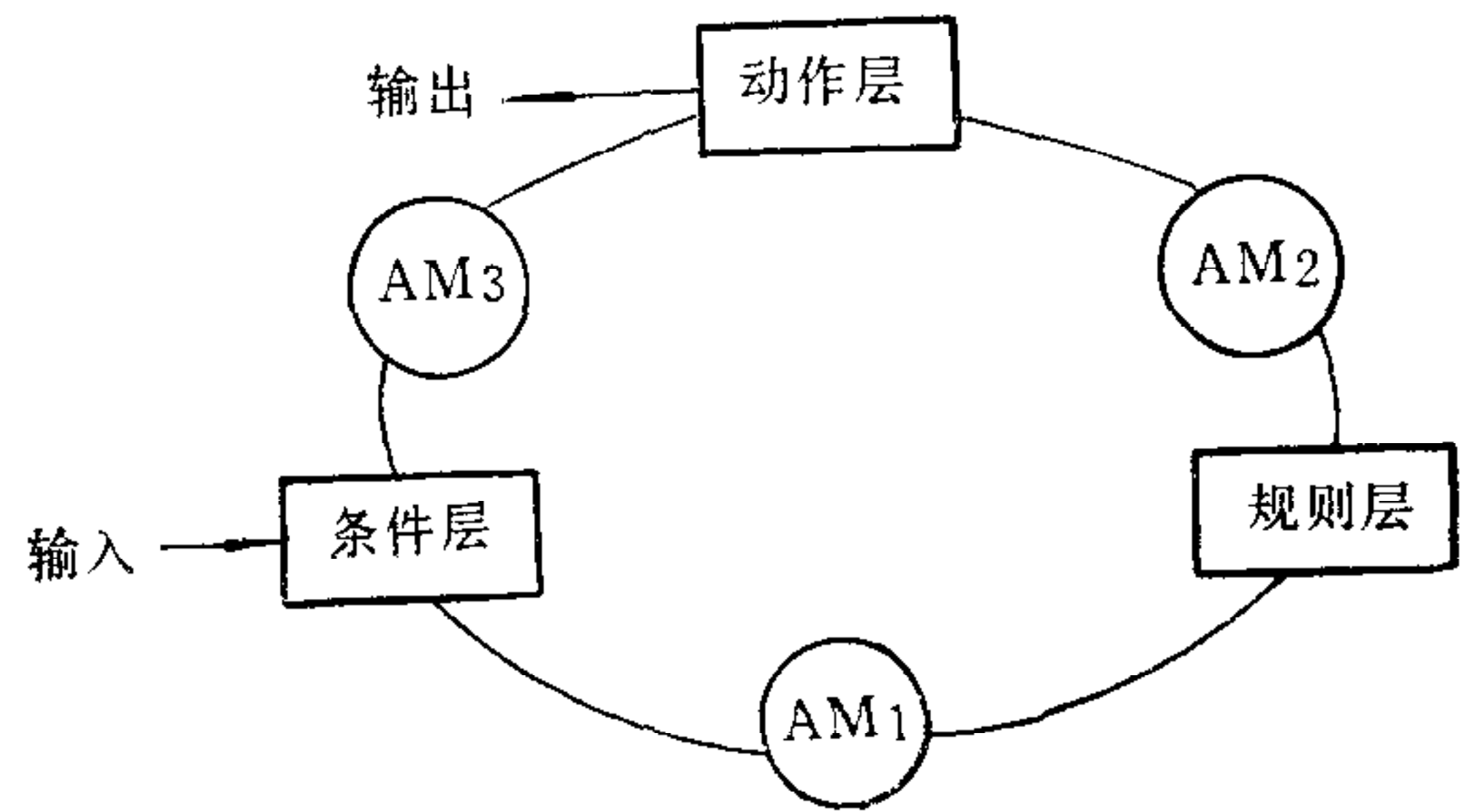


图 1 三层环结构反馈神经网络

式系统的基于产生式规则结构, 因此仍具备其优点及可用之处, 但对其数据结构和执行机制做了根本修改, 从而能提供对实时激励的优先生成及事件驱动反应.

APS 增加了一组称为外部输入单元的变量集, 分别对应于 APS 外部的一个动态实时数据源. 外部输入不能由 RHS 动作操作, 而只受相应外部数据源变化影响, 并直接激活匹配模块, 因此系统具备同时监测环境、接受意外情况并优先执行处理的能力. 意外事件处理之后, 系统通过使用可编程恢复知识决定与原任务相关的动作过程, 可以动态智能地回到例行状态.

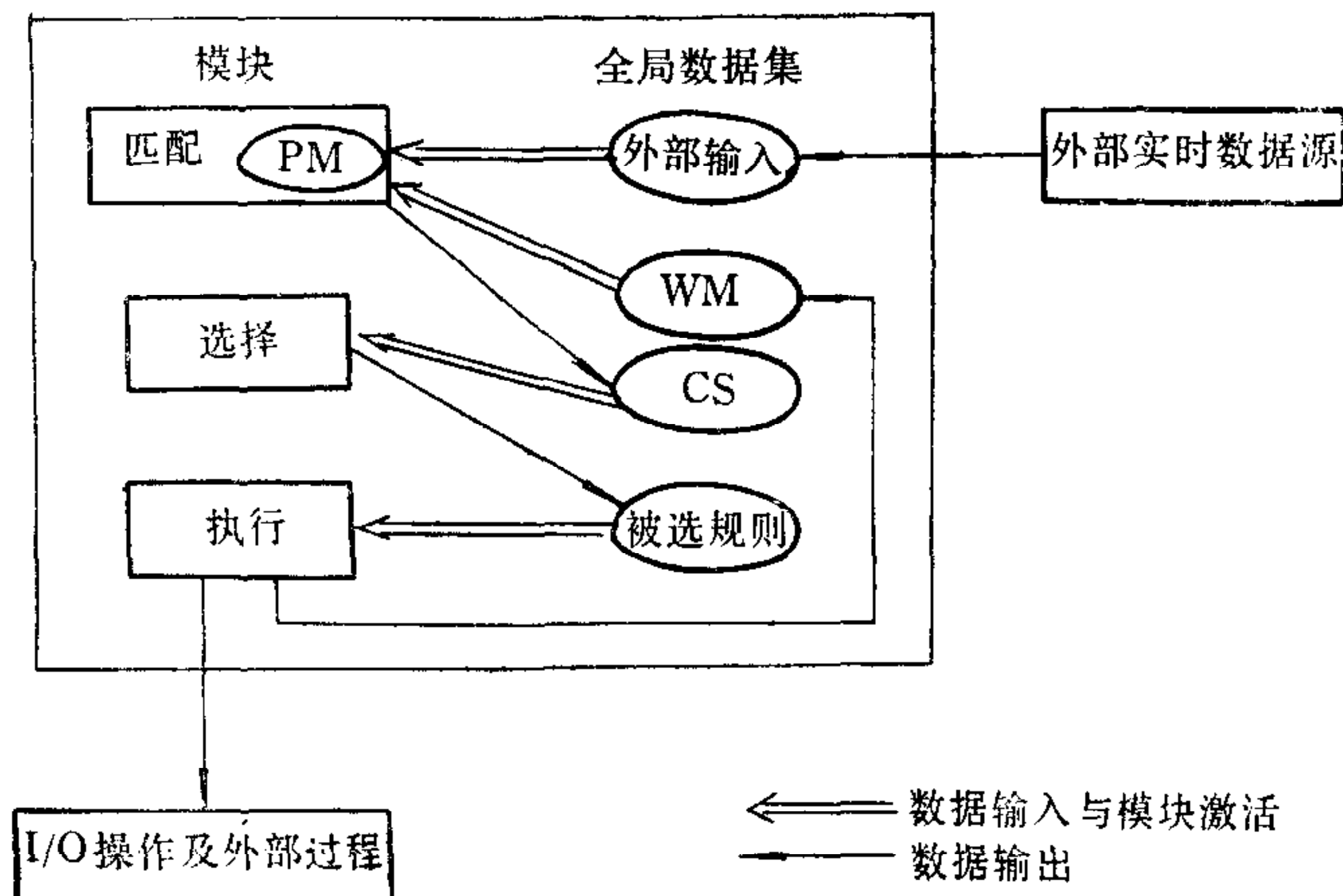


图 2 异步产生式系统 APS 执行机制

如图 2, 一个 APS 推理机包括匹配、选择、执行三个并发异步模块. 三个模块通过四个全局数据集通信, 每个模块独立于其它模块执行, 可以分别在一个多机环境下分立的处理器上实现, 关键之一在于有效实现三个模块与外部全局数据集间的联系.

本文的讨论只是关于实时产生式系统方法的一般性结论, 对于不同对象领域的实时要求, 需要采用的方法可能有所不同.

参 考 文 献

- [1] 李明树等. 产生式系统及其分析. 哈尔滨工业大学学报, 1990, (4): 159—162.
- [2] 李明树等. 产生式系统弊端分析. 电脑学习, 1990, (5): 1—4.
- [3] Eninis, R.L., et al., A Continuous Real-Time Expert System for Computer Operations. *IBM J. Res. Develop.*, 1986, **30**(1): 14—28.
- [4] Wright, M.L. HEXSCON: A Hybrid Microcomputer-Based Expert Systems for Real-time Control Applications. Proc. of WESTEX-86, 1986, 49—54.
- [5] Moore, R L and Kramer M A. Expert Systems in On-Line Process Control. Proc. of 3rd CPC Conf., 1986, 837—867.
- [6] Parson D E and Blank, G D PRIOPS: A Real-Time Production System Architecture for Programming and Learning in Embedded Systems. *Int. J. of Pattern Recognition and AI*, 1990, **4**(3): 509—526.
- [7] Forgy, C. Rete: A Fast Algorithm for the Many Pattern/Many Object Pattern Match Problem. *Artificial Intelligence*, 1982, **9**: 17—37.
- [8] Erman L D, et al. The HEARSAY-II Speech Understanding System: Integrating Knowledge to Resolve Uncertainty. *Computer Survey*, 1980, **12**(2): 213—253.
- [9] Dai H et al. HOPES—For the Next Generation Expert Systems, Proc. of AMSE Int. Conf. on Information and Systems, 1991, 761—765.
- [10] Forgy C. The OPS83 Report and User's Manual, Production Systems Technologies, Inc., 1986.
- [11] Sohn A and Gaudiot J. Representing and Processing Production Systems in Connectionist Architectures. *Int. J. of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 1990, **4**(2): 199—214.
- [12] Sabharwal A, et al. Asynchronous Production Systems. *Knowledge-Based Systems*, 1989, **2**(2): 117—127.

REAL-TIME PRODUCTION SYSTEMS

LI MINGSHU TANG SHUOFEI SHI MIAO HU MINGZENG

(Dept. of Computer, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006 China)

ABSTRACT

Production systems, also called rule-based systems, are most important AI programming languages, but their adaptation to realtime environments has proven to be a formidable task. Based on the analysis of the two major deficiencies in production systems for real-time applications, this paper thoroughly discusses some possible ways to develop a real-time production system.

Key words: production systems; real-time; speed; asynchronous