

文章编号: 1001-0920(2003)05-0627-03

基于 ECA 规则的仿真系统研究设计

吴胜昔, 袁枫华, 徐心和, 王贞祥

(东北大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110004)

摘要: 分析冷连轧仿真系统的主动性需求, 结合数据库在仿真系统中的作用, 提出基于主动数据库的仿真系统设计。对主动规则的原理和执行进行分析, 给出了基于主动规则——ECA 规则的仿真系统的设计和运行机制, 用 ECA 规则描述应用系统执行操作和事件处理, 完成系统的主动性行为。并以冷连轧仿真系统中物料跟踪在一机架前的事件动作为例, 运用 ECA 规则进行设计。

关键词: 冷连轧; 仿真系统; 主动数据库; ECA 规则; 规则库

中图分类号: TP391.9; TP311.131

文献标识码: A

Research on the simulation system based on ECA rules

WU Sheng-xi, YUAN Feng-hua, XU Xin-he, WANG Zhen-xiang

(School of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004, China)

Abstract: Requirements of cold rolling simulation system are discussed. With the use of database in simulation system, the design of simulation system based on active database is presented. The theory and implementation of active rules are analyzed. The design and the operation mechanism for simulation system based on active rules——ECA rules are presented also. ECA rules are used to express the running and event treatment and finish the active procedures. An example of material trace shows the application of the ECA rules to design the simulation system of cold rolling.

Key words: Cold rolling; Simulation system; Active database; ECA rule; Rule base

1 引言

一般的软件程序设计, 几乎都有一个共同特性: 用它们所编出的程序, 只能根据程序的规定被动地执行, 缺乏灵活性。这对于系统应用很不方便, 尤其在大多数过程控制系统中, 要求软件具有不同程度的实时性、安全性、可靠性、容错性以及交互性。

软件的主动性将改变一般系统只能提供被动功能的惯例, 可使一个具有主动性的系统能够提供各种主动服务功能, 使得诸如实时监控和报警功能、安全保障功能、系统容错功能、通信和同步功能、灵活的实时处理能力等, 都可以以一种统一而方便的机

制加以实现^[1,2]。

在冷连轧仿真系统中, 既有一般系统对主动性的要求, 也有仿真系统对主动性的特殊要求。主动数据库是让数据库系统具有各种主动进行服务的功能, 同时强调了用统一的机制实现^[2]。

本文提出一种基于主动数据库设计仿真系统的思想, 利用主动数据库中的事件-条件-动作规则 (ECA 规则) 来实现仿真系统的主动功能。

以冷连轧仿真系统的物料跟踪模块的部分功能设计为例, 设计并实现了主动规则在仿真系统中的应用。

收稿日期: 2002-05-30; 修回日期: 2002-08-12。

基金项目: 机械制造系统工程国家重点实验室基金支持项目(2001-05)。

作者简介: 吴胜昔(1976—), 女, 江西九江人, 博士生, 从事计算机控制与仿真、仿真数据库技术的研究; 徐心和(1940—), 男, 河北山海关人, 教授, 博士生导师, 从事计算机仿真、模式识别与人工智能等研究。

2 问题的提出

冷连轧仿真系统包括轧机实体部分仿真和过程控制及优化部分仿真, 主要由 4 部分组成: 生产管理、过程优化控制、基础自动化和虚拟轧机设备^[3]。

冷连轧仿真系统的仿真对象是在某钢厂特定的带钢冷连轧生产基础上拓展的一般通用的带钢冷连轧系统。仿真范围涉及整个冷连轧轧制过程的全部内容, 并考虑了实际生产中发生或可能发生的工况。冷连轧生产过程包括带钢的穿带、加速、恒速、甩尾等步骤。仿真系统运行过程中, 冷连轧仿真程序需对系统的信息、事件和数据的变化作出一定的反应。

冷连轧仿真系统运行中的主动性需求主要有:

1) 对冷连轧轧制生产过程的监控功能, 包括状态监控、性能监控、功能监控、安全监控以及故障监控等;

2) 仿真系统运行过程中产生例外或错误情况时, 系统不仅应具有报警功能, 而且应具有主动处理及自动恢复至事故发生前状态的能力;

3) 系统能在某些事件(包括人机交互事件和外部设备送来的中断信号等)发生时, 将系统的一些瞬时状态的信息和数据自动记录在数据库中或输出;

4) 冷连轧仿真系统是多台计算机联网的分布式协同仿真, 其中所需的通信和同步功能要求通信的双方能主动地检测到某些事件的发生, 主动地进行必要的处理, 并适当地向对方发出相应的信息;

5) 仿真系统根据事件的发生或数据的变化, 自主地采取措施, 选择适合当前情况的处理模型, 并可以不断积累经验, 修正仿真模型的有关参数和算法。

由此可见, 主动性功能对仿真系统是非常必要的。传统的软件主动性只能通过程序中的必要位置添加一些监控程序来实现, 因而在大型系统设计开发中无法管理系统的主动处理。在本仿真系统开发中, 采用主动数据库技术, 统一管理系统中的各种主动事务, 实现仿真系统的主动服务。

3 基于主动规则的仿真系统设计

3.1 基于主动数据库的仿真系统

当前, 仿真由单实体、单环节的仿真逐步发展到系统全过程级的仿真。以数据库为中心, 设计和开发仿真系统的构成, 实现仿真全过程不同阶段的数据信息共享, 同时支持仿真各活动的信息集成。仿真数据库系统除具有一般数据库的功能外, 还具有与仿真平台的软件接口, 支持复杂的仿真计算, 具有一定的决策等功能^[1]。

或环境变化主动为用户提供相应信息服务的数据库系统。在本仿真系统数据库设计中, 结合仿真系统对主动性的要求, 将数据与相应的操作相结合, 采用主动数据库机制, 实现仿真系统的主动功能^[4,5]。

主动数据库系统(ADBS)在功能上由一个传统数据库系统(DBS)、一个事件驱动的规则库(EB)和相应的事件监视器(EM)组成, 用公式表示为

$$ADBS = DBS + EB + EM$$

在仿真系统中, 将主动数据库技术与仿真系统应用相结合, 设计中通过运用主动数据库系统来管理仿真系统中的过程调用、信号事件处理和数据变化等事件动作规则, 采用事件监视器实现系统对规则的调用, 充分发挥系统的主动机制管理。这样, 将仿真系统的运行转变为由事件监视器和事件规则库统一操纵的触发型操作, 满足了系统的主动性, 增强了系统结构的灵活性。

仿真系统程序与主动数据库的关系见图 1。

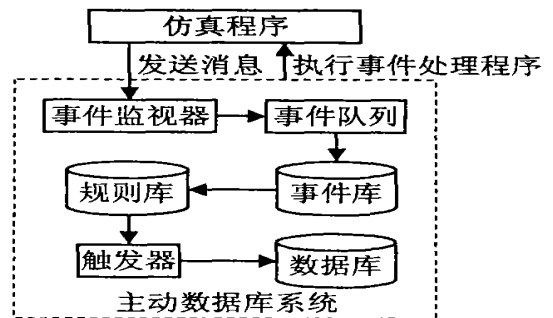


图 1 仿真程序与主动数据库的关系

3.2 仿真数据库中的主动规则

在仿真系统设计中, 除原有的应用程序外, 还建立一个事件规则库, 该规则库由系统或用户定义的各种事件规则组成。事件监视器时刻监视外界事件的发生和数据库中数据的变化情况, 一旦发现某个已设置在事件规则库中的事件发生, 就立即主动触发执行在其后的规则, 从而执行相应的动作。

当前将基于事件-条件-动作(ECA 规则)机制的主动规则在主动数据库中使用, 以实现系统的主动行为。ECA 规则由 3 部分组成: 事件、条件和动作。ECA 规则的执行经过 3 个阶段: 事件监测、条件测试和动作执行。在系统执行过程中, 某个指定的事件发生, 相关的条件测试通过, 则执行规则中的动作部分。

仿真系统中的主要规则有以下几类: 1) 带钢仿真运行过程中关键位置点的程序启动规则; 2) 仿真计算中越限报警规则; 3) 仿真系统运行故障处理规

则; 4) 数据采集周期定时处理规则; 5) 不同仿真计算机之间的消息处理规则; 6) 仿真数据输出分析规则等。

冷连轧仿真系统的事件分为原子事件和复合事件。事件的类型通常有: 与时间有关的事件, 与信号有关的事件, 与数据库状态有关的事件, 与系统公用变量有关的事件, 与系统中断和实时监控有关的事件等。仿真系统事件库的设计, 应充分表达各种原子事件和组合事件, 并使事件具有扩展性, 便于维护。

在冷连轧仿真系统中, 用 ECA 规则将事件与规则结合起来, 描述事件、条件、动作及它们之间的耦合方式的形式为:

规则名(参数表) When 事件表达式

If 条件表达式 E-C 耦合方式

Then 动作序列 C-A 耦合方式

其中: E-C 耦合方式描述规则的条件何时求值, C-A 耦合方式描述条件为真时何时执行动作。E-C 和 C-A 之间不同的耦合方式及其组合为 ECA 规则带来了很大的灵活性, 增强了规则的表达力。

4 实 例

冷连轧仿真系统设计采用 C/S 结构, 由仿真总控计算机、优化控制计算机、基础自动化计算机、虚拟轧机计算机和数据库服务器计算机联网组成。每台计算机根据程序调用的特点和事件触发情况, 将系统内部和外部数据信号及相应的动作执行程序标识结合形成规则, 按 ECA 规则执行系统功能模块的调用, 完成系统的主动操作功能。

仿真系统中的主动规则设计过程如图 2 所示。



图 2 仿真系统中主动规则设计

在仿真系统的规则实现方面, 本文采取如下方法: 将一些与数据库信息有关的规则动作加在数据库的规则和触发器设计中; 将与仿真应用程序的事件处理相关的事件和动作用仿真平台语言实现。

以冷连轧仿真系统中物料跟踪程序在带钢到达一机架前 10 m 处的系统运行状况为例, 说明主动规则中的事件触发工作过程。

该规则定义为:

Rule(1): Event(1) Condition(1) & (2):

Action(1)

事件对象: (1) ——带钢到达一机架前;

条件组合: (1) ——有新带钢数据, (2) ——当前没有前带钢的自适应计算; 条件关系为“与”;

动作序列: (1) ——调用轧制策略模块, 从数据库中获取轧制数据, 并进行设定值计算。

每个规则由名字、事件号、条件、动作、模式和使能组成。该 ECA 规则的定义如下:

```

Class Rule: // 规则类
{
    char * name; // 规则名
    Event * event_id;
    PMF * condition, * action; // PMF 是一个指向功能成员的指针
    Coupling mode; // 耦合方式
    int enabled; // 规则是否使能
public:
    virtual int Enable();
    virtual int Disable();
    virtual int Condition();
    virtual int Action();
    Rule(Event * eventid, PMF condition, PMF action, Coupling mode);
    ~Rule();
}
  
```

仿真系统由事件监视器检测到由基础自动化仿真计算机来的位置信号(带钢到达一机架前 10 m), 然后检查当前仿真运行的条件状况: 新钢卷数据是否到达, 前带钢的自适应计算必须结束。两条件必须同时满足, 才能执行轧制策略模型及后续程序。规则中的事件存放于事件库中, 条件为状态变量数据, 动作为控制对象函数。

5 结 语

本文讨论了仿真系统的主动需求, 提出用主动数据库技术来解决仿真系统主动性功能, 并对主动规则的原理进行了分析研究。为了实现仿真系统应用中的主动功能, 用户只需在仿真应用程序之外, 在与之完全独立的事件规则库中适当设置一些事件及其驱动的相应规则。当需要修改其中的一些动作时, 只需修改事件规则库即可, 与应用程序无关。实验证明, 基于主动规则的系统设计方案是可行的。系统的主动性对提高系统的智能化也是很有用的。

另外, 主动规则的引入必然使系统增加开销, 如何更有效地生成并执行规则, 如何将应用程序与规则库更有效地结合, 是今后很有意义的研究课题。

约束 1 反映了空间中两条共线的直线在左侧和右侧图像中所呈现的像保持共线关系; 约束 2 反映了空间中多条相交直线在左侧和右侧图像中所呈现的像保持相交的关系; 约束 3 将匹配过程与图像结构中边缘直线和与其相邻的左右两边直线的相对位置关系紧密地联系起来。

以上约束反映了图像结构的 3 种关系, 即共线性、连接性和左右相对位置不变性。

在 G_{nh} 中搜索最优匹配路径时, 结合直线局部结构网络, 利用上述 4 个直线局部结构约束来检验多层路径匹配 G_{nh} 中 $C_i \sim C_{i+1}$ 层匹配的合理性, 删除不合理的匹配路径。

4 实验结果

与原算法相比, 改进的动态规划匹配算法在图像边缘直线的局部相似测度基础上, 加入全局相似测度的概念, 使得边缘直线的匹配更加依赖于直线间的结构关系信息。这种信息具备稳定、抗干扰能力强的特点, 提高了匹配准确率, 并使得由断线造成的错误匹配现象大大减少, 而且在动态搜索最优匹配路径的过程中, 利用局部结构关系约束删除不合理的匹配路径, 减少了不必要的时间开销, 提高了视觉系统实时处理图像的能力。

图 5 给出了边缘直线基于实际室内场景的仿真匹配结果, 图像分辨率为 795(H) × 596(V)。表 1 为两种算法的性能参数对比。可以看出, 由于大量运用了图像边缘直线之间的结构信息, 改进的动态规划匹配算法较原算法在匹配准确率上有了较大的提高, 时间消耗减少了一半。

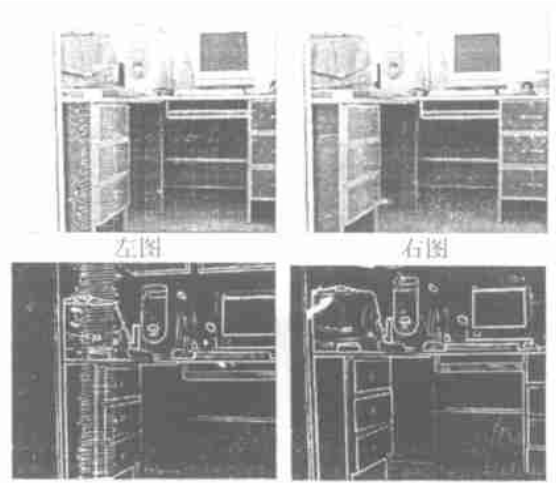


图 5 平行立体视觉系统利用改进动态规划匹配算法的仿真匹配结果

表 1 匹配算法仿真结果对比($L=120, R=125$)

	Original method	Improved method
Total matched	116	113
Correct matched	98	107
Discover rate/%	89.1	97.3
Success rate/%	84.8	94.7
Time/s	0.2	0.08

注: 人工匹配直线对 = 110。

参考文献(References):

- [1] Torkar D. 3-D building reconstruction from aerial stereo images (in slovene) Master's thesis[R]. University of Ljubjana, 1995.
- [2] 高文, 陈熙霖. 计算机视觉[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [3] Lee S H, Leou J J. A dynamic programming approach to line segment matching in stereo vision[J]. *Pattern Recognition*, 1994, 27(8): 961-986.

- [5] 吴胜昔, 袁枫华, 徐心和. 轧制过程动态仿真数据库系统的设计与实现[J]. 系统仿真学报, 2001, 13(6): 823-826.

(Wu S X, Yuan F H, Xu X H. The design and realization of database system for rolling process dynamic simulation[J]. *J of System Simulation*, 2001, 13(6): 823-826.)

- [6] Philippe A, Marc D, Philippe R. Using active database mechanisms to build cooperative application[J]. *Trans of the SDPS*, 1999, 3(1): 1-14.
- [7] Younghun Kim. A generalized active agent system for extending the active capabilities of a RDBMS[D]. Gainesville: University of Florida, 2000.

(上接第 629 页)

参考文献(References):

- [1] 吴重光. 仿真技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000. 117-160.
- [2] 何新贵. 特种数据库技术[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 81-113.
- [3] 华建新, 王贞祥. 全连续式冷连轧机过程控制[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2000. 1-16, 30-97.
- [4] 崔建江, 吴胜昔, 袁枫华, 等. 仿真技术在冷连轧系统的应用及发展[J]. 系统仿真学报, 2001, 13(1): 86-88.

(Cui J J, Wu S X, Yuan F H, et al. Application and development of simulation technology in cold continuous rolling mill[J]. *J of System Simulation*, 2001, 13(1): 86-88.)