

# 主动模糊规则的触发执行模型

The Triggering Execution Model of Active Fuzzy Rule

魏 延

(重庆师范学院数学与计算机科学系 重庆400047)

**Abstract** This paper discusses triggering mechanism of fuzzy rule supporting active fuzzy database system, including fuzzy event detecting and monitoring mechanism, and gives triggering execution model of active fuzzy rule. The model detects and monitors fuzzy event by fuzzy event detector and monitor, which membership degree of fuzzy event reach to the limit to trigger the evaluator of fuzzy condition.

**Keywords** Active fuzzy database, Fuzzy rule, Fuzzy event monitor, Triggering execution

随着计算机技术的发展和应用领域的不断扩大,对传统数据库技术的应用提出了更高的要求。主动模糊数据库就是改造和扩充传统数据模型以适应新的应用要求而发展起来的先进数据库技术<sup>[1]</sup>。它能提供自动、适时的反应,即能够自动监视各种模糊事件和评价相应的模糊条件,并调度相关任务使其满足主动服务的功能。

一个主动模糊数据库系统应当具有以下功能:1) 用户可以显式地定义想要监视的模糊事件和评价的模糊条件;2) 系统自动监测模糊事件和评价相应的模糊条件;3) 一旦模糊事件的发生度达到某一阈值且模糊条件又足够真,则执行相应的模糊动作。要实现主动模糊数据库的主动服务功能,必须有一个触发机制来触发模糊规则的执行。对主动模糊规则的触发因要涉及模糊事件、模糊条件及模糊动作的相互匹配和隶属度的因素,故而显得更为复杂多变。同时规则触发机制功能的强弱,将直接影响到主动模糊数据库的功能实现。

文[1~3]中对模糊数据库的理论和技術作了详细的论述,文[4,5]研究了实时数据库的事件及其触发机制。本文在模糊事件与模糊规则形式表示的基础上,建立了一种主动模糊数据库的模糊规则执行模型。

## 1 主动模糊规则

一个主动模糊规则由三部分组成:模糊事件、模糊条件和模糊动作<sup>[6]</sup>。即:

$Trigger ::= [ \langle Fevent \rangle, \langle Fcondition \rangle, \langle Faction \rangle ]$

其语义是一旦模糊事件的发生度大于某一阈限时,系统就主动检测其后的模糊条件,如果模糊条件足够真,则触发执行其后的模糊动作。显然一条模糊规则的触发意味着特定模糊事件的发生,且相应模糊条件的满足。这里需要解决两种匹配关系,即 $\langle Fevent \rangle$ 与 $\langle Fcondition \rangle$ 的匹配和 $\langle Fcondition \rangle$ 与 $\langle Faction \rangle$ 的匹配。

对主动模糊规则的组织,是通过主动模糊规则库来实现的<sup>[7]</sup>。主动模糊规则库必须常驻内存,并按照其规则的模糊事件类型来建立索引,以便于模糊事件的监视。

1) 模糊事件标识 模糊事件是一种系统或外部行为的模糊发生,系统行为可以是数据库操作、事务管理操作、时间行为或系统行为与外部环境的交互作用。模糊事件也是一种对象,可以由标识符来标识,按 FDDL 语言,基本模糊事件分为四大类,由类型标识指明:

$Fe\_type\_iden ::= \langle Fevent\_kind\_id \rangle\_ \langle Fevent\_type\_id \rangle$

$\langle Fevent\_kind\_id \rangle\_ \langle Fevent\_type\_id \rangle ::= OB\_ \langle OP \rangle | TR\_ \langle TP \rangle | CL\_ \langle CT \rangle | EX\_ \langle ET \rangle$

$\langle OP \rangle ::= I | D | U | Q$

$\langle TP \rangle ::= B | E | C | A$

$\langle CT \rangle ::= AT | BE | AF | EV$

$\langle ET \rangle ::= I | O$

其中 OB\_ $\langle OP \rangle$ 表示模糊事件库上的模糊操作事件,包括模糊插入、模糊删除、模糊更新和模糊查询;TR\_ $\langle TP \rangle$ 表示模糊事务类事件,包括模糊事务的开始、结束、提交和失败;CL\_ $\langle CT \rangle$ 表示与时间有关的模糊事件,包括在模糊时刻、之前、之后和周期地发生的事件;EX\_ $\langle ET \rangle$ 表示与系统外部有关的模糊事件,主要包括输入和输出的模糊事件。

由基本模糊事件通过事件运算构成各种复合模糊事件,以增强模糊事件的表达能力<sup>[6]</sup>。

模糊事件经过标识后将有关信息存放在模糊事件库<sup>[4,7]</sup>中,模糊事件库按照模糊事件类型建立索引,分别指向5个子模糊事件库:模糊操作事件库、模糊事务事件库、模糊时间事件库、外部模糊事件库和复合模糊事件库。

2) 模糊条件 模糊规则的模糊条件部分是对模糊规则使用的关键部件,这不仅涉及它的说明、评价与监视,还直接关系到主动模糊数据库模型的规范说明。模糊条件可分为:

① 简单模糊条件。只涉及单个数据对象,易于评价。

② 统计模糊条件。它涉及主动模糊数据库的导出数据,可以是对象的一个或多个属性的导出数据。这种条件一般由相应的过程导出。

③ 结构模糊条件。这种条件与对象之间的语义结构联系有关,其评价也与语义相关,如“公司增加了新产品”等。

④ 时间模糊条件。它是一种时间限制,总是与时间事件相联,其评价需要系统监测机制来实现,如“CL-EV( $i_0, \alpha$ )”等。

⑤ 复杂模糊条件。是各种条件的布尔表达式,这类条件的评价可能很复杂。

3) 模糊动作 对一个主动模糊规则,当它的模糊事件的发生度达到一定阈值时,且模糊条件足够真,则触发执行相应的模糊动作。这个模糊动作可以是触发事务或模糊事件本身的一部分;也可以是其子事务或成分事件,涉及触发事务的嵌套;还可以是触发独立事务或模糊事件。

被触发的模糊动作也是施加在对象上的模糊操作,但这种被触发模糊动作如何执行、何时执行以及与触发事务和模

糊条件的联系方面将由主动模糊规则触发机制来限定。

## 2 模糊事件的监视

为了模糊地触发执行由模糊事件驱动的规则,需要有一个相应的模糊事件监视器,它主要完成下述几件事:1)根据要求计算相应模糊事件的发生度;2)模糊事件的发生度是否大于等于预先设定的阈值,若然,则执行相应规则中包含的模糊 IF-THEN 规则;3)评价 IF-THEN 规则中模糊条件,然后根据模糊条件被满足的程度,选择执行相应的模糊动作。

主动模糊数据库系统提供了各种“模糊事件探测器”,它们分别负责探测各种预定的基本模糊事件的发生,如系统提供的对象模糊操作事件由事务管理程序或查询处理程序中有关装置探测。复合模糊事件的探测由其成分事件的探测和复合模糊事件的构造操作处理。这些模糊事件探测器探测相应模糊事件的发生,一旦发生就向模糊事件监视器发信号,信号包含了模糊事件发生度、各种事件参数及有关其他信息。模糊事件探测器处理模糊事件发生的过程由图1所示。

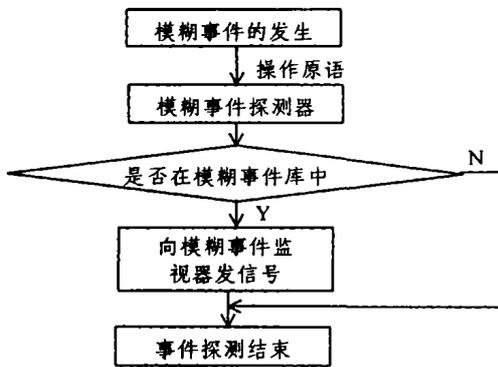


图1 模糊事件探测器处理流程图

模糊事件探测器为各相应的基本模糊事件发信号,而复合模糊事件由相关事件处理器发信号,模糊事件监视器收到模糊事件探测器发来的信号后,就根据信号信息获取该模糊事件的发生度值。模糊事件监视器再根据相应事件发生度是否达到某一阈值来激活模糊规则库中相应的模糊规则。此时由相应的条件评价器对模糊规则的模糊条件进行评价,并将评价结果送回模糊事件监视器。若评价结果足够真,则模糊事件监视器激活相应的模糊动作,模糊事件监视器的处理流程如图2所示。模糊动作的真正执行将依据一定的执行方式和执行时机,而不一定是立即执行。

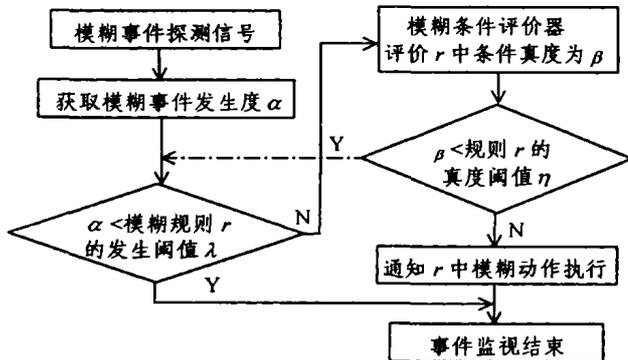


图2 模糊事件监视器处理流程图

现举例说明事件探测器和模糊事件监视器处理的实现:

如事务模糊事件  $TR\_C(r, \alpha)$  的探测,其处理过程如下:①当模糊事务  $r$  提交时,提交操作原语通知事务事件探测器(即模糊事务管理程序)。②模糊事务事件探测器在模糊事件库的事务事件表中找到事件  $TR\_C(r, \alpha)$ 。若找不到,则处理过程结束。③模糊事务事件探测器向模糊事件监视器发信号,包括该提交事务的事件标识、隶属度等信息。该模糊事件的探测处理过程就结束。

当模糊事件监视器收到上述模糊事务事件探测器发来的信号后,其处理过程为:①根据信号中的参数(即事件标识、隶属度等),确认模糊事件  $TR\_C(r, \alpha)$  的发生度为  $\alpha$ 。②将  $\alpha$  与系统预先设定的模糊事件的阈值  $\lambda$  比较,若  $\alpha < \lambda$  则处理结束,否则模糊事件监视器在模糊规则库中找到  $TR\_C(r, \alpha)$  作为驱动事件的模糊规则  $r$ 。③将模糊规则  $r$  中的模糊条件参数送模糊条件评价器,评价该模糊条件的真度  $\beta$ ,并将  $\beta$  值返回模糊事件监视器。④模糊事件监视器将  $\beta$  与系统设定的模糊条件真度限  $\eta$  比较,若  $\beta < \eta$  则处理结束,返回②步,否则,模糊事件监视器通过操作原语通知规则  $r$  中的模糊动作执行。模糊事件监视器处理过程结束。

由上述实例可见,模糊事件监视器的实现途径需要系统硬件和软件的支持,不同的模糊事件的监视可能会有不同的实现途径,比如有些中断事件不可能由软件方式实现,模糊事件监视器的实现模式要依据不同的具体系统实现,通常都要求模糊监视器在相应的模糊事件发生之后立即激活执行,当然也可根据需要采用延迟或并发方式来实现模糊事件监视器的执行。

实现一种有效的模糊事件监视器是实现主动模糊数据库的关键所在,它直接影响主动服务功能的实现,是主动模糊数据库区别于一般模糊数据库的功能部件。

## 3 主动模糊规则的执行模型

主动模糊数据库能发挥其主动性,关键是各种数据库模糊事务与相关联的主动模糊规则能协调地有效工作,这依赖于主动模糊规则的激发与执行模型。基于上述模糊事件的监视机制,我们提出了主动模糊数据库的模糊规则的执行模型(如图3所示):

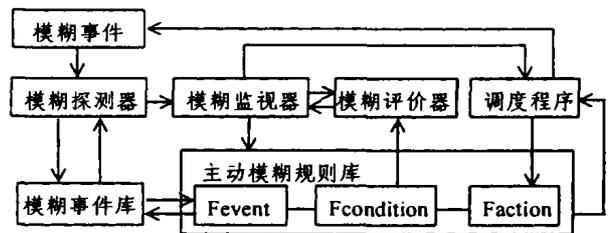


图3 模糊规则触发执行模型

在该执行模型中,有4种事务或程序同时执行:触发事务,模糊规则监视器(包括模糊事件监视器、探测器、模糊事件处理器和模糊条件评价器),被触发模糊动作和调度程序。

该模型的数据与控制流为:①用户或系统模糊事务执行时调用各种原语,相应的模糊事件探测器或处理器进行模糊事件的探测与发信号;②模糊事件监视器依模糊事件信号获取该事件的发生度,当发生度大于阈值时则激发相连的模糊规则,请求事务管理程序为自己建立一个事务(由于模糊条件评价可能需要查询数据库);③模糊监视器调用相应的模糊条件评价器对模糊条件评价出其满足的隶属度,并送回监视器;

④模糊事件监视器根据评价条件的真度大于一阈值(在有的情况下,可能没有模糊条件,此时认为模糊条件恒真,即发生度为1),则被触发的模糊动作按一定方式执行;⑤撤销模糊监视器自己的事务继续系统正常工作。

当模糊评价器评价模糊条件的真度达到一定值时,模糊动作被激活,但这并不意味着该模糊动作立即执行,它何时开始执行依赖于模糊条件、模糊事件及模糊动作的匹配关系上,可以描述如下:

1)触发模糊事件与被触发模糊事件的匹配模式(即模糊条件与模糊动作的匹配)有三种:

•立即执行:被触发模糊动作不经过调度程序立即驱动执行,或经过调度程序并立即获及最高优先而投入运行;

•推迟执行:被触发的模糊动作由调度程序在一定时间间隔内调度执行;

•分离执行:被触发的模糊动作的执行由自身特征决定,由调度程序统一调度处理。

2)触发模糊事件与被触发模糊事件的关系(即模糊事件与模糊动作的关系)有三种:

•被触发模糊事件是触发模糊事件的部件事件;

•被触发模糊事件是触发模糊事件的子事件;

•被触发模糊事件是触发模糊事件的独立事件。

3)触发模糊事件与模糊条件评价器的匹配(即模糊事件与模糊条件的匹配)有三种:

•立即评价:模糊事件监视器收到模糊事件探测器的信号后立即启动模糊条件评价器进行评价;

•推迟评价:模糊事件监视器收到模糊事件探测器的信号后在一定时间间隔内再启动模糊条件评价器进行评价;

•分离评价:模糊事件监视器收到模糊事件探测器的信号后,由模糊事件特征决定,单独地启动模糊条件评价器进行评价。

在具体系统中,各种匹配关系的组合,有些是不可能的,需要考虑匹配关系的相容性。在前述讨论中,为减少主动模糊规则的匹配关系,在模糊事件与模糊条件的匹配上,我们省略了推迟评价和分离评价,而只考虑了在模糊事件监视器立即启动模糊条件评价器对模糊条件进行评价。因此,激活模糊动作的执行方式如表1。

表1 模糊动作执行方式

执行方式	立即执行	推迟执行	分离执行
部件事件	IP	×	×
子事件	IS	DS	×
独立事件	×	×	SI

表中×表示不支持这种执行方式,IP表示模糊动作是触发事务的一部分,且立即执行;IS表示模糊动作是触发事务的一个子事务,且立即执行;DS表示模糊动作是触发事务的一个子事务,且推迟执行;SI表示模糊动作是一个单独的事务,且分离执行。部分模糊动作和子事务模糊动作的执行与触发事务同步,即事务模糊动作执行完后控制返回触发事务。独立模糊动作的执行则是异步的,即可以并行执行,不存在控制的返回执行。

**小结** 本文在主动模糊事件和模糊规则的形式表示基础上,提出了对模糊事件的探测机制和监视机制,以及对模糊条件的评价机制,并建立了一种主动模糊数据库的模糊规则触发执行模型。即探测并监视模糊事件的发生度是否达到发生阈值来触发评价器对模糊条件的评价,从而触发模糊动作的执行。

主动模糊规则的触发执行机制是实现主动模糊数据库的关键,对模糊规则的触发执行的实现将是进一步研究的内容。

## 参考文献

- 何新贵.模糊数据库系统.北京:清华大学出版社,1994
- Buckles B P, Petry F E. Fuzzy Database and their Applications. Fuzzy Information and Decision Processes, 1982. 361~371
- Shenoi S, Melton A. Proximity Relations in the Fuzzy Relational Database Model. Fuzzy Sets and Systems, 1999, 100(Suppl): 51~62
- 刘云生,舒良才,胡国玲.实时主动数据库中的事件.计算机工程与应用,1996,32(3):1~5
- 刘云生,胡国玲,舒良才.一个实时主动数据库的触发器机制.计算机研究与发展,1997,34(1):33~37
- 魏延.主动模糊数据库系统及其主动规则行为理论研究:[学位论文].重庆:重庆大学,2001
- 卢炎生,刘云生,张文彬,等.一个主动实时数据库管理系统的实现.华中理工大学学报,1997,25(6):10~13

(上接第87页)

的信息.Agent i 于是向 Agent j 发起 N/P 协商过程。将上述通信实例在 TTMAS 通信模型中的通信过程如图5所示。

**结论** 本文在 TTMAS 通信模型的基础上,将 Agent 通信协议分成四层,着重研究了 Agent 通信协议的第二层:Agent 会话层,对该层中的协商/承诺过程进行建模,并给出适合于该模型的协议报文格式。最后我们基于 TTMAS 通信模型用有限状态时序图说明了一个 Agent 的通信实例。

## 参考文献

- Finin T, et al. KQML as an agent communication language. In: Proc. of the 3rd Intl. Conf. on Information and Knowledge Management (CIKM'94), ACM Press, Gaithersburg Maryland, 1994. 456~463
- FIPA. Agent communication language:[Tech Rep]. FIPA: 1999. FIPA Specification 2 1999

- Vreeswijk G A W. Open Protocol in Multi-Agent Systems: technical report CS 95 of Department of Computer Science. University of Limburg, Jan. 1995
- 焦文品,史忠植.构造 MAS 的动态体系结构的模型.计算机学报,2000,23(7):732~737
- 毛新军,王怀民,陈火旺,刘凤歧.多 Agent 系统的非终止主动合作计算模型.计算机研究与发展,1999,36(7):769~775
- Michael W, Jennings N R. Agent Theories, Architectures, and Languages: A Survey. In: Intelligent Agents. Springer-Verlag, Berlin, 1995. 1~39
- Barbuceanu M, Fox M S. Cool: A language for describing coordination in multi-agent systems. In: Proc. of the First Intl. Conf. on Multi-Agent Systems (ICMAS-95), San Francisco, CA, 1995. 17~24
- Hu Y J. Intelligent Autonomous Resources Allocation in Distributed Open Multi-Agent System, In: Intl. Workshop on Decentralized Intelligent and Multi-Agent Systems, DIMAS'95, Cracow, Poland, 1995. 435~442
- 王斌,张尧学,陈松乔.一种基于黑板模型的多 Agent 系统通信方法.小型微型计算机系统,(已录用)