

主动数据库

数据库

应用程序

计算机科学1995 Vol. 22 No. 4

27-30

主动数据库及其实时应用支持^{*}

刘云生 胡国玲 卢炎生

(华中理工大学计算机系 武汉430074)

TP311.13

TP311

摘 要 This paper analyzes the requirements, presents concepts and proposes an architecture of an active DBMS. And we discuss in detail the model of a trigger mechanism, as well as its structure. For concreteness, we take a prototype system ARTs-I as an example in the description.

关键词 Active database, Trigger, Event, Trigger monitoring, Event detection, Condition evaluation.

一、引 言

传统的 DBMS 技术对于要求存取大量共享数据和控制知识的应用,显得无能为力。如 CIM、过程控制、合作处理、战斗管理、空中交通管制、网络管理等,这类应用的一个共同要求是 DBMS 能监视关于数据库(或非数据库)的事件和条件,当条件满足时,能自动、适时地作出相应的反应(执行特定的活动)。传统的 DBMS 是“被动”的,即仅当用户或应用程序显式地请求时,它们才执行事务或查询,要实现上述应用只有两种办法:周期地不断查询和嵌入条件评价与活动调用到应用程序中,这两种办法都不理想,前者除引起“抖动”、浪费大量资源,因而影响整个系统性能和及时性外,更重要的是为了及时地探测和响应要监视的情形,用户必须确定查询的周期,而这依赖于多种参数,其中许多是动态的、彼此关联的,

如事件的类型及发生的频率、情形的及时性要求(即情形可能出现的时间间隔)等;后者则不仅转移有关定义事件与条件,表示条件查询,决定条件评价及其时机的负担给应用程序员,且损害软件模块性和应用开发,对事件、条件及活动的任何修改都将要求相关应用程序的修改。

数据库的非传统应用促使了主动数据库(ADB)的研究,主动数据库能提供自动、适时反应和模块性两者,它能自动监视由各种事件所引起且由一定的条件来判别的情形,当情形出现时,调度相关任务并使其满足定时性和一致性要求,这些都无须用户干预。

我们可以定义一个主动的 DBMS(ADBMS)就是一个扩展了下列功能的 DBMS:

(1)用户可以显式地定义想要监视的情形(事件与条件);

^{*}国家自然科学基金、国防预研资助项目。

主要参考文献

- [1] 刘锦德,唐雪飞,关于我国军用计算机开放系统的轮廓描述,电子科技大学微机所内部报告,1992.8
- [2] ISO/IEC JTC1/SC21 Draft Recommendation X.901(2,3): Basic Reference Model of Open Distributed Processing-Part1(2,3),1993
- [3] ISO/IEC JTC1/SC21/WGT/N743, Working Document on Topic 9.1-ODP Trader, Nov. 1992
- [4] Alex Berson, Client/Server Architecture, McGraw-Hill Inc., 1992
- [5] S. Rudkin, Templates, Types and Classes in Open Distributed Processing, BT Technol. J., Vol 11, No 3, 1993
- [6] Hewlett-Packard Company, Network Computing System Reference Manual, Prentice Hall Inc., 1990
- [7] Proceedings of the IFIP TC6/WG6.1 International Conference on Open Distributed Processing, IFIP Transactions C-20, 1994

(2)系统自动探测与评价情形的出现;

(3)一旦说明的情形出现,则执行相应的活动。

这些功能除了支持外部应用,还可用于实现或扩展 DBMS 本身的功能,如完整性及安全性控制,导出数据、瞬像及视图实质化的处理,基于规则的推理,以及报警、性能测量等。

本文以我们开发的一个主动实时数据库系统原型 ARTs-I 为背景概括讨论 ADB 的要求、概念、功能结构及其与实时数据库的联系。

二、主动数据库的要求

主动能力使一个 ADBMS 除了具有传统 DBMS 的所有要求外,还具有一些额外的要求,它们主要表现在功能、设计与性能方面,下面我们分别说明。

2.1 功能要求

1. 表达 按上节的定义,简略地说,一个主动数据库系统就是具有触发器(有的叫 E-C-A 规则、主动对象、报警器等)机制的数据库系统。一个触发器由“情形”与“活动”两部分组成,情形则包含一个引发事件和一个判定条件,活动就是一个可执行的程序或操作序列。有各种类型的基本事件和组合事件,用户也可以自定义事件。条件可以很简单也可以很复杂,它们是关于数据库状态或状态变迁,还可以是关于定时限制的。所有这些都要求提供其表示与说明的语言支持。

2. 触发器维护 与上述触发器的表示与定义同样重要的是系统对触发器机构(包括其事件、条件等部件)的维护,建立、修改、删除能力。

3. 情形监视 有效的情形监视是实现触发器机制的关键,它包括各种事件的处理(探测与发信号)和条件的评价。

4. 触发器管理 要有一个有效的管理机构来实现诸如停止和激活一或多个触发器、被触发的活动中又触发另外的活动等。例如一种库存物品正处于订货之中,则需要停止评价其库存阈值条件的触发器直至供货完成,以免引起重复订货。还有选择地激活/停止触发器也很重要,如飞机在跑道上滑行时使用的一组触发器在它成为空中飞行时刻必须停止而激活另一组对应当前状况的触发器。

5. 执行模型 依应用语义的不同,触发器的执行方式可能不一样,它们的差别主要表现在事件-条件(E-C)、条件-活动(C-A)的匹配方式及触发事务与被触发活动间(T-A)的关系上。

·E-C 匹配:立即、推迟、单独。即当事件发生时立即、推迟到触发事务的提交前或在另一事务中评价条件。

·28·

·C-A 匹配:立即、推迟、单独。类似上,若条件满足就立即、推迟到触发事务的提交前或单独作另一事务执行活动。

·T-A 关系:被触发的活动可以是触发事务的部件、子事务或一个独立事务。

6. 支持 DBMS ADBMS 能支持 DBMS 本身的功能,如限制(完整性、一致性、安全性等)管理、基于规则的推理及导出数据的维护等。一个 ADBMS 不仅应能分别地容纳这些功能,而且应提供其优化机制或结构。

2.2 系统设计要求

在 ADBMS 的系统设计方面,要仔细考虑下列方面:

1. 明确定义的接口,必须明确给出负责管理与监视触发器的子系统的边界、它与其他部件的交互作用以及这些部件间的信息流。

2. 可扩展性。不同的应用,可能要求不同的事件和条件,除了基本事件与简单条件,尚有各种由它们组成的组合事件与复杂条件,触发器子系统应能自举各种触发器处理程序以扩展现用系统的能力。

2.3 性能要求

高效地处理各种触发器是 ADBMS 性能的关键。为了提高触发器及其监视器的执行效率,其设计与实现应相对简单,特别是那些有关公共情形(如与对象操作事件相联)的触发器,这可从下列方面考虑:

1. 限制一个触发器与特定事务相联,即仅当特定事务执行时,才激活它。

2. 限制一个触发器仅当显式请求时才激活,若无任何显式请求则处于“停止”状态。

3. 参数化触发器,通过让参数的个数最少来简化触发器,且可针对一些参数停止一触发器,而针对另一些参数激活它,这样实现了触发器对参数的变迁以使触发器的个数减少,从而提高系统效率。

4. 尽可能缩小参数的有效域从而缩小触发器的有效范围,例如尽可能限定其与特定对象相联而不是整个对象类相联;若可能,限定其与属性级而不是元组级对象相联等。

三、体系结构

本节以我们开发的一个主动实时数据库系统原型 ARTs-I 为例给出一个 ADBMS 的功能部件及其执行结构,如图1所示。

1. 对象管理程序:提供面向对象的数据管理,支持对象型及其操作的定义,执行对象操作,请求事务管理程序以并发锁,通知对象事件探测器以对象操

作行为的发生。

2. 事务管理程序: 执行各种事务管理操作, 负责事务调度与并发控制, 通知事务事件探测器以各种事务操作行为的发生。

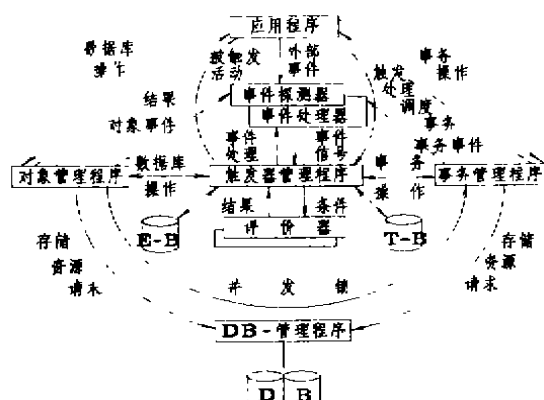


图1 主动数据库系统模型

3. 事件探测/处理器:负责基本事件的探测和构造复合事件的操作,向触发器管理程序发信号以报告事件的发生和传递有关信息。

4. 触发器管理程序, 负责触发器的维护, 根据收到的事件信号激活相关的触发器, 请求事务管理程序建立用于条件评价和活动执行的事务, 挂起触发事务, 调度并执行相应的条件评价, 当条件满足时直接执行被触发的活动或通知事务管理程序建立并调度被触发的事务。

5. 条件评价器：负责相应条件的评价。

6. 数据库管理程序,它是系统的被动模块,执行传统的物理数据库管理功能。它建模数据库为对象的集合,而每一对象映像为页面的集合,它还负责内存及缓冲区资源的管理。

系统总的数据和控制流为:①作为事件的系统行为一旦发生,相应的事件探测器则进行探测并发信号;②触发器管理程序依事件信号激活有关的触发器(可能多个),再按 E-C 匹配方式调度各触发器的评价;③触发器管理程序挂起触发(即当前)事务,请求事务管理程序为自己建立一事务再调度并执行条件评价;④若条件满足,触发器管理程序依 C-A 匹配方式立即、推迟或通知事务管理程序作为独立事务来执行被触发的活动。⑤撤消触发器自己的事务,解挂触发事务,继续系统正常运行。

四、触发器机构

触发器是 ADBMS 的关键部件, 虽然它在传统的实时系统和数据库系统中也被使用, 但前者是由

用户将其设计在应用程序中,而后者则只是简单的且仅用于完整性检验。在 ARTs-I 中,一个触发器为:

$$\text{TRIGGER} ::= (\langle \text{SITUATION} \rangle, \langle \text{ACTION} \rangle)$$
$$\text{SITUATION} ::= (\langle \text{EVENT} \rangle, \langle \text{STATUS} \rangle)$$

下面我们分别讨论 EVENT, STATUS 和 ACTION。

4.1 事件

事件是一种系统行为的瞬时发生,它表示一种数据库操作、事务管理活动、时间行为或与外部环境的交互作用(通信)。事件具有参数,指明与之相关的实体,如操作的对象、管理的事务等。除基本事件外,还可以由基本事件构造复合事件。

1. 事件类型 通常可以有四大类事件,每一类又可进一步分成不同的型,它们是:

(1)对象事件,对象操作的执行。进一步有 INSERT、DELETE、UPDATE 和 QUERY 型。

(2)事务事件:事务管理操作的执行。它通常包含 BEGIN、COMMIT、ABORT 型。

(3)时间事件:时钟信号。它有绝对、相对和周期三种型。

(4) 外部事件: 来自外部环境或用户(或应用程序)的行为信号。如 I/O 中断、操作员命令、实时(传感器)信号及应用程序中用户自定义的对象行为等。

2. 事件参数 事件可以有两类参数,一类叫“类型”参数,它确定事件本身的分类。如对象事件的对象 id,事务事件的事务 id。另一类叫“联系”参数,它指明与该事件相关联的实体,如与之相联的触发器的 id,发生对象事件的事务 id 等。

3. 事件操作 可以有三种类型的事件操作:

(1) 事件定义与维护。如 EVENT(定义)、RAISE、ERASE 等。

(2) 事件构造。它们用来构造复合事件, 如 AND、OR、SEQUENCE、CLOSURE 等。

(3) 时间事件定义。如 AT(时间值) 定义一个绝对时间事件, AFTER 和 BEFORE 定义相对时间事件, EVERY 定义周期时间事件。

4.2 情形

1. 情形的概念 一种触发器情形的出现表示一定事件的发生和特定状态的产生(即条件的满足)。一个事件的发生表明需要系统作出反应的某种情形可能出现,但事件本身并不意味着情形已经出现,它由相应的状态条件是否满足来判定,即实质上一个情形由一个事件和一个条件(称状态条件)组成。情形的说明格式为:

$$\{EVE_1(E-id): \{status-spec\}\}$$

其中 E-id 为触发器事件标识符, status-spec 在 4.4 节中说明。

2. 状态条件

状态条件与数据库状态或状态变

化,或与时间有关,依此分类有^[1]

(1)简单条件:只涉及单个对象。这可以是涉及指定或任意对象的指名或任意属性。这种条件容易评价,它对应于简单查询。

(2)统计条件:涉及导出数据。它可以是由单或多个对象型的一或多个属性导出的。这种条件的评价较之上一种复杂,但不难实现。

(3)结构条件:与对象型间的语义结构联系有关。它又可以是分别与联系中的对象的属性、对象本身、或对象类的整体特性相关。例如,“若某科医生所治疗的病人的某种症状变了(可能要转科就诊)”,“若一公司增加生产了一种新产品(可能要作新广告、新订货)”,或“若一门课程的学生数超过50(可能要换教室)”等。

(4)时间条件:一种时间限制,它总是与时间事件相联,如“AFTER 9:00”,“5...AFTER COMMIT (t_i)”等。这种条件的评价需要系统的“识时”机制。

(5)复杂条件:各种条件的布尔表达式、跨多个事务的条件、涉及数据经历而不是单个数据值的条件等。这类条件的评价则可能很复杂。

4.3 被触发的活动

触发器中的活动(称为被触发活动)可以是触发事务(激发触发器的事务)的一部分、子事务或另一完全独立的事务,其本身是一个可以嵌入 DML 语句的可执行程序或程序段。它的说明格式为:

(ACT:(EXE-MODE), (ACT-BODY))

下节再给予具体说明。

4.4 触发器的监视

触发器监视的有效实现是 ADBMS 实现的关键,监视处理逻辑上包括事件的探测、条件评价、触发器点燃与被触发活动的执行。

1. 事件处理 包括事件的探测与发信号。系统提供各种探测器,分别负责探测各种预定的基本系统事件的发生和给相应评价器发信号。

复合事件的探测与发信号要复杂得多,它包含了对其“部件事件”的探测、构造事件的各种操作的处理。用户自定义的事件则由用户自己探测与发信号,由 RAISE 命令通知系统。

信号就是包含了触发事务要传递给评价器乃至被触发活动的参数(即事件参数)及其他有关事件的信息的消息(message)。

2. 状态评价与触发器点燃 在情形说明中,状态说明格式为:

status-spec ::= [(EV-MODE)], [(EV-PRIORITY)], [(CONDITION)]

状态评价包括:(1)确定由收到的事件信号所激发的触发器(可能多个);(2)按 EV-MODE 给出的评价时机(即 E-C 方式)调度各触发器的评价,当有多个需

同时评价时,则进一步按 EV-PRIORITY 指定的优先级调度;(3)执行相应的评价器对所调度的触发器的 CONDITION 进行评价,并将结果送回监视器。

监视器检验评价的结果,若为真,则点燃触发器,即按 EXE-MODE 说明的(C-A)方式直接立即或推迟到触发事务的末尾处执行 ACT-BODY,或者通知事务调度程序将 ACT-BODY 作完全独立的事务调度执行。

五、与实时数据库的关系

主动数据库为实时应用提供了有力支持,它与实时数据库可以紧密联系起来。因为主动数据库除了存贮数据外,还存贮了控制知识,这种知识说明特定情形出现(事件发生且条件成立)时所必须采取的行动。这种风范正适合于实现通常用来控制现实世界过程的实时数据库系统。在实时数据库应用中,其环境往往是动态的,正需要不断的监视和事件驱动控制。

在复杂的实时数据库应用中,除了由事务生成的事件(事务事件,对象事件),还有大量重要的定时器或时钟事件、外部环境的实时事件,如前面所述,主动数据库所提供的触发器(或 E-C-A)结构则正是建模这些事件触发事务的有力机构。

许多应用都要求实时数据库与主动数据库相结合,如各类合作导航系统、网络服务系统等,其中有许多事件驱动且又有定时限制的活动,这正是实时数据库和主动数据库相结合所必须而又能大显身手的场合。

ARTs-I 是我们在国防预研和自然科学基金资助项目中所开发的一个主动实时数据库系统原型。主动和实时数据库都还是新的研究课题,有许多方面需要研究,而主动的实时数据库则更是如此,在基本理论、各种系统模型:数据模型、事务模型、执行模型、调度与并发控制模型等,以及实现技术等方面都有待进一步研究探讨。

参考文献

- [1] 刘云生,触发器与主动数据库,《计算机工程与应用》,1992,12
- [2] 刘云生,卢炎生,实时数据库的特征及其与主动数据库的联系,《计算机工程与应用》,1993,3
- [3] Yunsheng Liu, The Trigger Mechanism In an Active Real-Time Database, CMPSCI Techn. Report, Univ. of MASS, 1994
- [4] M. J. Carey, et al., On Transaction Boundaries in Active Database: A Performance Perspective, 《Trans. on Know. & Data Eng.》Vol. 3, No. 3, 1991