

分布式数据库 并发控制

Petri网

数据库系统 (14)

计算机科学 1999 Vol. 26 No. 11

37-38

分布式数据库并发控制的 Petri 网分析^{*}

Petri Net Analysis of Intercurrent Control for Distributed Database

谭支鹏 胡金柱

TP311.13

(华中师范大学计算机系数据库与软件工程研究所 武汉 430079)

Abstract Based on Petri net with time, the article analyzes intercurrent control of distributed database in detail. Petri net with time have much better simulation than simple Petri net. There is important function at improving for system's capability and reducing difficult for distributed database's implementation.

Keywords Distributed database, Intercurrent control, Limit of time, Petri net

1 引言

Petri 网是一种系统模拟和系统分析的工具,能够深刻和简洁地描述动态系统、分布式系统的特性和网络竞争、网络碰撞以及网络阻塞等各种现象。这在许多领域中已得到了广泛的应用。利用 Petri 网理论来分析和模拟分布式数据库系统,可以充分发挥 Petri 网的特点,形象、透彻地分析清楚分布式数据库实现的关键技术,这有助于分布式数据库系统的实现。

2 基本 Petri 网及其扩展

2.1 基本 Petri 网

定义 1 基本 Petri 网定义为四元组, $N = \{N, T, F, M_0\}$, 其中 $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_m\}$ 为事件(状态)集; $T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$ 为变迁集; $F \subseteq (S \times E) \cup (E \times S)$ 为网的流关系; $M_0: S \rightarrow \{0, 1\}$ 为初始标记。记 $t = \{s | (s, t) \in F\}$ 为变迁的前置集, $t = \{s | (t, s) \in F\}$ 为变迁的后置集。Petri 网的位置中可能含有托肯(Token), 变迁在一定的条件下可以激活。设 t 在标识 M 下是授权的, 则 t 可以激活, 变迁激活后产生新的标识 M' , 这个过程可以记作 $M[t > M']$ 。

2.2 带时间条件限制扩展的 Petri 网

基本的 Petri 网直接用图来表示有两种类型的结点: 位置和变迁。位置代表条件, 而变迁代表事件发生。有时由于阐述问题的需要也需要将时间限制条件与位置联系起来考虑, 因此有:

定义 2 带时间限制条件的 Petri 网(即加时 Petri 网)定义为一个五元组, $PN = (S, T, F, V_n, v)$, 其中 S ,

T, F, M_0 定义同基本 Petri 网, (S, T, F, M_0) 是不带时间条件标记的基本 Petri 网, 而扩展的加时 Petri 网满足如下条件:

- (1) $S \cup T \neq \emptyset$;
- (2) $S \cap T = \emptyset$;
- (3) $F \subseteq S \times T \cup T \times S$;
- (4) $\text{Dom}(F) \cup \text{cod}(F) = S \cup T$;
- (5) $M_0 = (m_{01}, m_{02}, m_{03}, \dots, m_{0m})$ 是初始标记的集合;

(6) $v = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n)$ 是与每一个变迁元素相关的时间条件组成的集合。

在加时 Petri 网模型中, 每一个变迁元素都与时间条件相关联。在这里根据变迁发生的时间过程, 把时间概念分成三类: 发生时间(Firing Times)、占用时间(Holding Times)、启动时间(Enable Times)。

3 分布式数据库并发控制的 Petri 网分析

我们在实现分布式数据库时, 把加时 Petri 网的事件变迁发生的规律和特性引入分布式数据库系统的各结点的并发控制中, 并用发生时间、占用时间、启动时间来对各结点的互访加以控制, 可以更有效地实现分布式数据库系统的并发控制。

在系统中, 当一个事务被激活时, 系统就分配给它一个启动时间、占用时间和发生时间。启动时间条件可以唯一地标识一个事务及其该事务的激活次序, 事务中的操作又拥有一个发生时间条件。当事务间存在冲突操作时, 冲突操作的执行次序就由启动时间条件来决定, 启动时间在前的就先执行, 启动时间在后的就后

^{*} 本课题受湖北省自然科学基金资助。谭支鹏 硕士生, 主要研究方向为分布式数据库、软件工程等。胡金柱 教授, 硕士生导师, 主要研究方向为分布式数据库、软件工程、决策支持等。

执行。至于占用时间就由系统根据整个分布式数据库系统的实际工作任务,来决定各个事务在系统中的地位,使这个时间能达到最佳和最合理的分配。发生时间就是事务发生所需要的真正时间,它一定是小于占用时间的。

用加时 Petri 网变迁规律来模拟解决分布式数据库系统中的并发控制问题,不象传统的加锁方法,在模型中事务要么可连续执行,要么不可执行就中止。在加时 Petri 网的事务调度模型中,每次事务启动时将重新赋予各个事务时间限制条件,它不象加锁的方法,如果在算法中考虑不周到,设计的功能不全面,就会出现死锁状态,在系统中我们不得不额外地去设计如何进行死锁的检测、死锁的预防和死锁的排除等,从而加大了系统实现的难度。

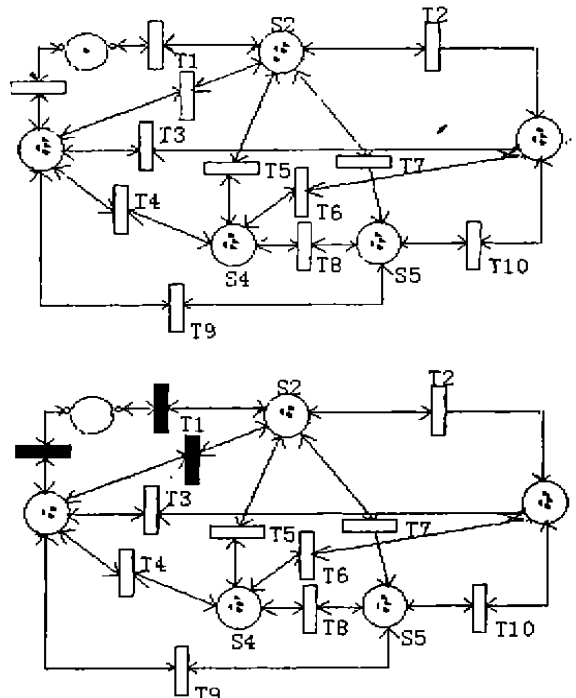
分布式数据库中有时间限制条件的并发机制是这样的:对某项数据项 M ,只有较老的事务对它进行操作后,才允许另外较新的事务来对它进行操作,而且这个操作也是受占用时间和发生时间条件限制的。否则这个事务的操作就会遭到拒绝,并且重新启动该事务,赋予它新的时间限制条件。如果较老的事务要读写较新的事务写入的数据信息,系统就会不断地拒绝执行不合理的操作,并重新启动该事务,赋予它新的时间限制条件,使得该事务在新的时间条件限制下能够满足它有权利读写原来的事务所写入的数据信息。

对一个拥有五个结点的分布式数据库系统用加时 Petri 网来分析它的并发控制策略,如图 1 所示(为了作图的方便,在此仅作出结点 S_1 访问结点 S_2 的变迁分析,其他结点的分析类同)。

分布式数据库系统中有五个结点 $S_1, S_2, \dots, S_5$,为了保证每个结点可以同时去访问虚拟网上其他 4 个结点,给予每个结点含有表示访问权限的托肯数为 4,而且每个结点的托肯容量恒定不变,同时每个结点都有一个伴随状态,该伴随状态的托肯数为 1,其他结点与它都有一条约束弧相连,用以限制它所伴随的结点在同一个时间内一次只能访问一个其他结点,同时又可以保证一个结点在访问其他的结点后,只要时间限制条件允许,它还可以继续去访问其他的结点。结点要实现互访,相对应地有 $T_1, T_2, \dots, T_{10}$ 十个变迁,系统在启动时给每个变迁分别赋予一个时间限制条件 $t_1, t_2, \dots, t_{10}$,这些时间条件均为三元组 $t_i(t_{i1}, t_{i2}, t_{i3})$,分别代表发生时间、占用时间、启动时间。系统的事务在执行调度时,根据这些时间限制条件来确定事务如何执行,或按什么样的次序来实现事务的调度,当条件不符合时,操作拒绝执行,并根据系统的要求赋予新的时间限制条件重新启动,以此达到事务能执行的目的。由于对分布式事务的执行和结点的互访,均采用时间限制条件来实现控制,根据时间条件就可以很容易地确定哪些事务可以并发,而哪些事务又只能顺序执行。

• 38 •

假设上例中的所有事务都是读写操作事务,结点 S_1 对结点 S_2 和结点 S_3 对结点 S_5 的两个事务,一定可以并发执行的,由加时 Petri 网理论可知变迁 T_1 和 T_{10} 的时间限制条件 t_{11} 和 t_{10} 之间没有什么要求需要满足,只要系统提出了相应的响应请求,它们总是可以发生的,而其他的不能并发的变迁,它们的启动时间必定满足一定的关系,以控制它们不能并发。实际上系统也正是依靠这种时间关系来确定事务的并发控制关系的。



(赋予每个变迁的时间条件分别为 $t_1(t_{11}, t_{12}, t_{13}), t_2(t_{21}, t_{22}, t_{23}), \dots, t_{10}(t_{101}, t_{102}, t_{103})$)

图 1 带时间限制条件的分布式数据库结点互访模型

结束语 本文将加时 Petri 网中的事件变迁发生规律及其特征引入分布式数据库系统的并发控制中,用发生时间、占用时间和启动时间对各结点的互访加以控制,从而更有效地实现了分布式数据库系统的并发控制。

参考文献

- 1 Fred D J. Bowden Modeling Time in Petri Nets. Presented at The Second Australia—Japan Workshop on Stochastic Models, Gold Coast, July 1996
- 2 袁崇义. Petri 网原理. 电子工业出版社, 1998
- 3 郑振棚, 于戈, 郭敏编著. 分布式数据库. 科学出版社 1998 年 7 月
- 4 吴时霖, 白雪峰. Internet 上 Petri 网分析工具综述. 计算机科学, 1996, 23(4)
- 5 刘黎临, 袁鹰, 董占球. 计算机网络的建模与分析. 计算机学报, 1982, 19(6)