

时间变元 Now 的绑定算法^{*}

王路帮^{1,2}, 叶小平¹, 邢鸿雁³, 周风华¹, 黄钊梅¹

(1. 中山大学计算机科学系, 广东 广州 510275;

2. 浙江万里学院信息管理与信息系统系, 浙江 宁波 315100;

3. 广东工业大学应用数学学院, 广东 广州 510090)

摘要: 时间变元 Now 是时间元素中的特殊对象, 对它的合理处理关系到整个数据库中时间元素的规范性, 在数据库的查询等操作时, 对 Now 的有效绑定是正确结果的前提。对 Now 的处理问题, 一直为人们所关注, 但是其中大多只是将 Now 问题示例化, 不够系统全面。提出时间变元 Now 的绑定 (binding) 算法, 用以解决 Now 变元的规范化问题。

关键词: 时态数据库; 时间变元; Now; 时间绑定

中图分类号: TP311.13 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) S1-0152-03

时间元素是时态数据库的基本元素, 对它的研究是时态数据库的基本课题之一。时态数据库中的时间元素的处理机制已有许多种, 经典的办法是 Allen 的区间代数的思想^[1,2], 时态数据库的发展对于含有时间元素的处理手段要求越来越高, 特别是时间变元 Now 的处理问题^[3,4]。文献 [5] 中对 Now relative 问题提出了一些想法和处理手段; 文献 [6] 对 Now 进行了修正语义的定义, 并讨论了 Now 的修正语义在数据库中的执行情况。文献 [7] 中对 Now 的处理示例了较多的情况。文献 [8] 中对变元 Now 进行了一种新的表达, 使得在时态查询中, 对现有的数据库的查询效率产生重大改进。这些处理办法都是较为成功的, 但是不够形式化和系统化。本文从文献 [7] 出发, 采用与文献 [5] 相关的符号, 对时间变元 Now 进行绑定 (binding) 处理, 使时间变元具体化、规范化。这样, 时间变元 Now 的语义就可以准确把握, 这对于时态关系代数的形式描述才能够更具体, 更符合实际; 对于数据库中的时态问题处理才更符合实际情况。

1 时间元素的定义

时间元素的处理办法一般是将时间看成是离散的时间点和连续的时间区间两种, Allen 的时间区间模型, 提出了 13 种演算机制是建立在以时间区间为基础上的, 但是, 这种模型有时又给应用带来很多麻烦。在这里用带有离散点的时间区间的办法

处理时间问题。

时间全域定义为: $\Gamma = \{0, 1, \dots, \text{Now}\}$, 其中, Now 为时间变元, 它是一个不确定的时间元素, 并且 Γ 中元素满足线性序, 即 Γ 中任意元素 t_1, t_2 都满足: $t_1 < t_2, t_1 = t_2$ 或者 $t_1 > t_2$ 关系中的一种。用时间区间表示时间离散点的办法是用时间区间来表达一些相邻的离散时间元素。

定义 1 时间元素: 设 P 是 Γ 上全部区间组成的集合。 ϕ 和 Γ 分别为 P 上的最大和最小元素。对于 P 中的任意 n 个时间区间 $I_1, I_2, \dots, I_n \in P (n < +\infty)$, u 为 $I_1, I_2, \dots, I_n$ 的并, 则称 u 是 P 上的一个时间元素, 并记为 $u = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ 。

定义 2 规范时间元素: 设 $u = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ 是 Γ 上的一个时间元素, 称 u 是规范的是指 u 满足条件: ① $I_i \cap I_j = \phi, \forall I_i, I_j \in u, i \neq j$; ② $I_1, I_2, \dots, I_n$ 都是时间区间。

如果 I_n 是 Now 时间区间, 则该规范时态元素为含有 Now 的规范时间元素, 简称为 Now 规范时间元素, 不属于 Now 规范时间元素的时间元素称为 Ground 规范时间元素。

2 规范时间元素的绑定操作

2.1 时间区间的绑定 (binding)

定义 3 参考时间 R_t 和当前时间 C_t

时间数据库中的用户观察数据库的时间, 它是

* 收稿日期: 2004-03-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60373081)

作者简介: 王路帮 (1974 年生) 男, 硕士研究生; 通讯联系人: 叶小平, E-mail: luzsu@163.com

一种特殊的事物时间, 称为参考时间 Reference time. 当前时间 Current time 是现实世界的当前时间点, 以 Current time 作为参考时间是数据库中进行操作和运算中最常遇到的。为了表述的方便, 用 R_t 表示参考时间, 用 C_t 表示当前时间, 它是一种特殊的参考时间。

有了 R_t 和 C_t , 时间区间的绑定如下:

Ground 的时间区间的绑定: 设 $I = [t_1, t_2]$ 是 Ground 时间区间, 则对该区间的绑定为: $I_{R_t}^{bind} = [t_1, t_2]$, $t_2 \xrightarrow{bind}_{R_t} = [t_{1R_t}^{bind}, t_{2R_t}^{bind}] = [t_1, t_2]$, 可见对于 Ground 的时间区间的绑定没有改变原来的时间区间。

Now 时间区间的绑定: 设 Now 时间区间 $I = [t_1, t_2]$, 对于该时间区间的绑定如下:

$$I_{R_t}^{bind} = [t_1, t_2]_{R_t}^{bind} = [t_{1R_t}^{bind}, t_{2R_t}^{bind}] = [t_1, R_t]$$

可见, Now 时间区间的绑定是将 Now 用参考时间取代即可。只要注意时间区间中, 区间的下限是永远大于等于上限的。如果是因为选定的参考时间的问题, 经过了时间绑定操作后, 时间区间的上下限出现了矛盾, 就认为该时间区间为空集。

不过, 用 C_t 作为参考时间对时间区间进行 binding 操作, Now 被绑定为 C_t , 不会出现时间区间的上下限矛盾, 因而不会有空集出现。用 C_t 作为参考时间的 binding 操作为:

$$I_{C_t}^{bind} = [t_1, t_2]_{C_t}^{bind} = [t_{1C_t}^{bind}, t_{2C_t}^{bind}] = [t_1, C_t]$$

2.2 规范时间元素的绑定

规范时间元素的绑定等价于对每个时间区间进行绑定。使得所有的时间元素都成为 Ground 的时间元素, 不管是 Ground 时间元素还是 Now 时间元素。

Ground 的时间元素可以很好的进行相关的操作和运算。进行时间绑定的目的是将时间变元 Now 时间元素绑定为 Ground 时间元素。

3 关系运算中时间元素的绑定算法

单个时间元素的 binding 操作在“2”中已经阐述, 但是, 当 2 个数据文件进行运算的时候(比如并、交、差操作)就牵涉到两个时间元素的 binding 操作。本篇通过设定的算法对两个时间元素的绑定进行处理。

3.1 相关的记号及说明

为了对两个时间元素进行 binding 操作, 先给出有关的符号, 以便下文更清楚描述。

设: $u = I_1, I_2, \dots, I_n$ 和 $v = I'_1 + I'_2 + \dots + I'_m$ 是两个规范的时间元素 (Ground 时间元素或者是 Now 时间元素), 其中 $I_i = [b_i, e_i], I'_j = [b'_j, e'_j]$ 。在关系运算中, 要进行 u 和 v 两个时间元素同时进行 binding 操作, 得先要考虑绑定中的参考时间 R_t 的确定。

用 $ls(u)$ 表示 u 时间元素的最后一个区间, 此处即为 I_n , 用 $fs(u)$ 表示 u 时间元素的第一个区间, 此处为 I_1 ; 用 $first(I_n)$ 来表示区间的时间起点, 即 $first([c_i, d_i]) = c_i$; 用 $last(I_i)$ 表示时间区间的终点, 即 $last([c_i, d_i]) = d_i$ 。对于 Now 时间元素, $first([b_n, Now]) =$ 和 $first([b'_m, now]) = b'_m$ 是非常重要的, 因为它们是决定了时间元素的绑定操作中的参考时间的重要参数。

用 u After b 表示: 时间元素 u 中所有的区间左端点大于 b 的时间区间所组成的时间元素集合, 用集合语言描述为:

u After $b = \{I \mid I \in u \wedge first(I) > b\}$, 可以用 uAb 简记。则上例中, $vA(first(I_n))$ 表示 v 中的所有区间左端点大于 b_n 时间区间组成的集合。

3.2 时态映射及其一致性

定义 4 时态映射是指: 设 A 是一个属性, 它的值域记为 $dom(A)$ 。 A 的一个时态映射 ζ 是从规范时态元素 u 到 $dom(A)$ 的一个映射, 它使得对于每一个 $t \in u$, 都有 $\zeta(t) \in dom(A)$ 。 ζ 表示时间定义域, $|\zeta|$ 表示映射的属性值域。这样, 时态映射就可以表示为: $\zeta = \{(I_1, a_1), (I_2, a_2), \dots, (I_n, a_n)\}, \zeta = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}, |\zeta| = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 。

定义 5 时态映射的一致性: ζ_1, ζ_2 是时态映射, 如果, 对于 $\forall t \in \zeta_1 * \zeta_2$, 都有 $|\zeta_1| = |\zeta_2|$, 则称 ζ_1, ζ_2 是一致的。

3.3 关系运算中两个时间元素的绑定算法

时间元素 $u = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ 的映射为 ζ_1 , 时间元素 $v = I'_1 + I'_2 + \dots + I'_m$ 的时态映射为 ζ_2 , 且 ζ_1 和 ζ_2 是时态映射一致的, 在进行关系运算之前, 其 binding 算法如下:

(1) u 和 v 都是 Now 时间元素, 绑定操作如下:

比较 $first(ls(u)), first(ls(v))$ 的大小, 分三种情况进行处理: ① 设 u 的含有 Now 的时间区间的左端点较小, 即 $b_n < b'_m$,

算出 vAb_n 的区间集合, 记为: A ;

找出 $fs(A)$, 计算 $first(fs(A)) = F$, 如果 $\zeta_2(F) \neq \zeta_1((first(I_n)))$ 则用 F 减去 1 个时间粒度作为时间元素 u 中的 Now 的绑定值, 用 C_t 作为 v 中时间元素

Now 的绑定值。

如果 $\zeta_2(F) = \zeta_1(\text{first}(I_n))$, 则用 $\text{last}(\text{fs}(A))$ 绑定时间元素 u 中的 Now 绑定值。

- ② 如果 $b_n > b'_m$, 情况是类似的;
- ③ 如果 $b_n = b'_m$, 则两个 Now 都可以绑定为 C_i 。

(2) u 和 v 之一是 Now 时间元素, 不妨认为 u 是 Now 时间元素, 绑定操作如下:

- ① 比较 $\text{first}(\text{ls}(u))$, $\text{first}(\text{ls}(v))$ 的大小, 如果 $b_n < b'_m$, 类似于 1 中的第一种情况;
- ② 如果 $b_n > b'_m$, 则 u 元素中的 Now 用 C_i 绑定;
- ③ 如果 $b_n > b'_m$, 则时间元素 u 中的 Now 可以用 $\text{last}(\text{ls}(v))$ (即 e'_m) 表示。

(3) u 和 v 都是 Ground 时间元素, 则无需进行任何时间变量的绑定操作。

4 总结和展望

时态变元 Now 的 binding 操作是时态数据库的一个重要问题, 对于 Now 的正确有效的把握是时态数据库技术的重要环节, 特别是在时态关系运算中, 对于时态变元 Now 的绑定和关系代数的统一描述是我们今后研究的重要课题。另一方面, 相对于有效时间变元 Now, 在事务时间变元 UC (until

changed) 也是时态数据库中的重要时间变元, 对于它的研究是我们下一步的任务之一。

参考文献:

- [1] 汤庸, 汤娜, 叶小平. 时态信息处理技术研究综述 [J]. 中山大学学报(自然科学版), 2003, 42(4): 4—8.
- [2] ALLEN J F. Maintaining Knowledge about Temporal Intervals [J]. Communication of the ACM, 1983, 26(11): 832—843.
- [3] 张师超, 严小卫, 聂文龙. 时态数据库中的几个问题 [J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 1995, 13(4): 10—14.
- [4] 张师超. 一个模糊的时态关系代数 [J]. 软件学报, 1994, 5(9): 59—64.
- [5] CLIFFORD J, DYRESON C E, SNODGRASS R T, et al. Now [EB/OL]. <http://www.cs.auc.dk/~csj/Thesis/>, April 2000.
- [6] TORP K, JENSEN C S, SNODGRASS R T. Modification semantics in now relative databases [EB/OL]. <http://www.cs.auc.dk/~csj/Thesis/>, April 2000.
- [7] CLIFFORD J, DYRESON C, ISAKOWITZ T, et al. On the semantics of “Now” in databases [J]. ACM Transactions on Database Systems (TODS), 1997, 22(2): 171—214.
- [8] BELA S, JOHN T, ABDUL S. A novel approach to model NOW in temporal databases. 2004 and Fourth International Conference on Temporal Logic, Proceedings 10th International Symposium, July 2003: 174—180.

A Binding Arithmetic About Temporal Variable Now

WANG Lu bang^{1,2}, YE Xiao ping¹, XING Hong yan³, ZHOU Feng hua¹, HUANG Zhao mei¹

(1. Department of Computer Science, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Department of Information Management and Information System, Wanli University, Ningbo 315100, Zhejiang, China;

3. Faculty of Applied Mathematics, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510643, China)

Abstract: The treatment about Now is connected with the whole temporal database's unification and criterion. Therefore the problems about manipulating Now were cared by many scholars, but many of them focus their eyes on demonstrating Now in examples, the methods are not systematic and all sided. The paper puts forward a new method for binding the temporal variable Now and solving the temporal variable's standardization.

Key words: temporal database; temporal variables; Now; temporal binding