

47-48

## 实时数据库系统的研制途径

TP311.13

单顺利

(武汉数字工程研究所 武汉430074)

**摘 要** Real-time database system is a very important research area. The paper describes general research ways of real-time database, finally, reports the development works of the author.

## 一、实时数据库系统研制的一般途径

实时应用领域对数据库的需求不同于传统领域对数据库的需求,传统数据库系统的设计,主要强调维护数据的完整性,保持系统的低代价,并且提供友好的人机接口,在传统数据库系统中,事务处理需要访问存储在辅存上的数据库,因此事务的响应受限于盘访问延迟(约30ms/每次I/O),这些DBS对传统应用是相当快的(几秒的响应时间对用户通常是可忍受的),然而并不能满足一些实时应用(这些实时应用需要几百微秒响应时间)。数据库技术应用到实时这一新的领域,及时性就成为正确性的一个重要部分。实时数据库设计的主要目的是为了获得对更新与查询极快的响应,以满足实时应用要求,换句话说:“时间”是实时数据库系统必须考虑的一个关键因素。为此必须有效地设计实时数据库系统以适应实时应用所要的性能,目前,有两种方法:

方法一:完全抛开传统数据库系统的结构,提出新的技术,研究新的结构,这有待研究,在近期是不可能做到的。

方法二:重新设计传统数据库系统的结构,使其性能明显提高,可提出如下两种途径:

1. 利用硬件技术发展成果,使用大量廉价的内存,替换瓶颈设备盘。既然数据库操作大多数I/O受限,改善传统数据库系统性能的主要阻碍是不可容忍的盘访问延迟,将数据库大部分或者整个放入内存中,消除或减少盘I/O访问延迟,这是数据库系统获得高性能的一个关键因素。大容量内存的使用,使得数据库系统设计者必须重新考虑数据库在事务处理期间必须驻留在磁盘上的假设,到目前为止,提出在数据库系统中使用大容量内存的方式有两种。

方式一:将数据库中部分或大部分数据放于内

存中,这样就将数据库分为内存数据部分与外存数据部分,组成大内存数据库系统,在文[4]、[6]中提出的研究属于此类。这种方式中内存仍作为开发缓冲区使用,对数据库操作有关数据提供预取和存放频繁访问的系统数据。该系统的研究集中在如何利用大量缓冲池来减少盘访问,但其设计宗旨仍与传统磁盘数据库系统一样,减少磁盘访问次数。它的研制能够利用现存的系统,扩大其缓冲池,改造工作不需太多。然而此种面向缓冲区的系统有一些固有弊端,每次对数据的访问必须通过缓冲区管理程序来检查页表,确定此页是否在内存,如果在,则执行地址换算,最后可能还要锁住此页以保证不马上被唤出,显然采用此方式仍然有碍于性能的提高,重新设计数据库系统以更大可能或完全避免与盘及缓冲区管理程序发生联系,能获得更好性能。

方式二:将数据库全部放于内存中,这样对盘的访问完全取消了,采用此种方式组成的数据库系统为内存数据库系统。由于整个数据库放于内存,数据库则不再作为大量存储文件看待而作为内存中可寻址的大量数据,不同于第一种面向缓冲区方式,它完全打破了传统磁盘数据库系统的设计宗旨,带来了其自身新的设计问题。如:传统磁盘数据库系统的数据组织、访问方法、查询处理算法的设计都针对减少磁盘访问次数与有效利用盘存储空间,甚至牺牲CPU时间来减少I/O次数(如查询处理有大量中间数据),而内存数据库则针对有效地利用CPU的时间与内存空间,对传统磁盘数据库系统相当有效的数据组织、访问方法、查询处理算法,对于内存数据库系统可能并不有效,相反,一些认为对传统磁盘数据库系统无用的方法,而成为可行的。显然此方式完全可消除事务与盘打交道,且可避免与影响性能的缓冲区管理程序发生联系,故采用此方式使数据库

单顺利 获硕士学位,主要从事实时嵌入式系统和数据库技术与开发。

系统性能极大提高。随着集成电路技术的发展,半导体存储芯片集成度惊人的提高与价格的下降,内存数据库系统的经济可行性将会大大地提高,使用将会更为普遍。

如上所述,内存数据库能够提供实时应用足够快的响应,但同时也带来了其自身的新的设计问题,必须重新设计数据库算法及数据结构,以针对更有效利用 CPU 时间及内存空间。它要求对于物理数据组织、数据库的访问方法、查询处理及优化、并发控制及恢复皆提供新的模式与算法,以反映实时、内存特点,提高性能。

文[7]、[8]针对内存数据库系统,从查询处理的角度研究了若干种选择、投影、联结、插入、删除、更新操作,指出由 AVL 及 B 树所产生新的数据结构 T-树,具有好的综合性能;另外由于内存数据库系统中聚集与投影减小规模概念已不存在,内存数据库系统的查询优化比起传统数据库系统要简单;在内存数据库系统中,由于盘访问延迟以及事务执行时间减少,冲突解决更快,CPU 势必成为一个瓶颈,采取大的数据封锁粒度是可接受的。既然内存空间是重要的,多版本并发控制算法及产生临时数据对象的并发控制算法(如乐观算法),可能并不对内存数据库系统有吸引力,除非使用存储空间节省技术,如:差分文件。

2. 满足实时应用本身的需求,如

·提供有效的数据模型组织实时数据。

·由于实时应用通常在应用程序之中使用数据库,故要提供基于有效数据模型的嵌入式数据库语言,而不是增加友好性面向终端用户的交互式语言。

·一个数据库管理系统性能在一定程度上取决于支持它的操作系统性能,传统数据库管理系统往往建立在一个通用庞大的操作系统上,并没有注意数据库管理系统的需求<sup>[9]</sup>。实时数据库管理系统有关数据管理运行部件必须建立在可裁剪高效实时操作系统上,使系统更加紧凑、简洁、可靠、开销更小,性能更优越。

·要引入实时语义约束到数据库中,建立有效的实时事务并发控制机制,提高系统的实时处理性能,满足实时事务调度。实时系统一个最重要的部分是能够处理实时约束,实时数据库系统也不例外,可串行化是广泛用来作为数据库系统的并发控制的正确性准则,所有实时事务不仅保证可串行化执行,而且

应满足其时间约束。快仅为相对量,对实时约束并不充分,必须加强可预测性研究,使事务能按满足它们期限的方式来调度,如:不论更新还是查询导弹的跟踪数据,必须要在给定期限内,否则所提供的信息会毫无价值。如何描述或决定期限是尚未开发且困难的问题,由于在共享数据对象上冲突的动态性质,以及事务与操作系统以不可预测的方式相互作用,操作系统本身不可预测性,使确保事务的期限相当困难。实时数据库系统通常包括一个实时操作系统核,此实时核提供了有效的原语集来构造实时数据库系统,但目前实时操作系统核并不能保证可预测性,设计者将时间约束变成优先级,仅仅靠外部高代价测试来决定实际系统的实时约束,随着下一代实时系统愈为复杂,需要开发更廉价的方式来保证实时约束,如设计新一代实时操作系统来支持可预测性等。

## 二、实时数据库系统的有关研制工作

目前,国内外实时数据库系统的研制处于起步阶段,开展的工作并不多,我们针对实时应用环境对数据库技术的需求,研制了一个基于层次对象数据模型的实时数据库管理系统 HORT-DBMS。HORT-DBMS 的原型已经在 INTEL 386/320 微机上实现。它采取了重新设计传统数据库系统结构的方法,及数据库内存组织方式。为了研制一个高效、紧凑、系统开销小、实时性能高的系统,我们采取了许多有效策略与技术,它包括:自顶向下的设计与实现方法、预编译中实施执行数据库管理的一切决策(包括查询的预优化、查询的预处理、并发控制设施,组织数据字典、静态决策数据的装入等),并且自生成系统的数据管理运行部件、层次对象数据模型的支持、事务的预分析、有效的实时事务的并发控制协议、层次对象内存有效组织与操作、面向层次对象的内存访问方法的设立、可裁剪的实时操作系统 iR-MX86 的核心支持等等。在后续工作中,我们将首先利用 HORT-DBMS 所提供的开发与运行支撑环境对现有舰载指控系统的应用软件系统进行改造,并在改造与运行、测试过程之中不断完善 HORT-DBMS 原型,使 HORT-DBMS 成为实时应用软件系统开发与运行支撑的实用产品。再下一步我们将针对下一代实时系统的需要,加强新一代实时操作系统的研究,以更好支持 HORT-DBMS 可预测性。(参考文献共 9 篇略)