

内存数据库在彩铃业务中的应用^①

曹猗宣, 王 晶

(北京邮电大学 网络与交换技术国家重点实验室, 北京 100876)

(东信北邮信息技术有限公司, 北京 100191)

摘要: 传统的磁盘数据库由于 I/O 瓶颈的限制, 愈来愈不能满足实时高性能应用的需求。内存数据库由于能够提供更快的响应速度和更大的事务吞吐量, 在电信领域得到愈来愈多的应用。在对内存数据库技术进行研究的基础上, 首次将内存数据库应用到彩铃业务中, 提出一种改进的彩铃业务数据库结构。测试结果表明, 引入内存数据库之后, 彩铃应用的性能得到有效提高, 并且 CPU 占用降低, 系统能够承载更多的用户。

关键词: 内存数据库; 彩铃数据库

Application of Main Memory Database to Color Ring Back Tone Service

CAO Yi-Xuan, WANG Jing

(State Key Lab of Networking and Switching Technology, Beijing University of Post and Telecommunications, Beijing 100876, China)

(EBUPT Information Technology Co. Ltd, Beijing 100191, China)

Abstract: Because of the I/O bottleneck, the conventional disk resident database (DRDB) system becomes more and more unsuitable for the needs of real-time high-performance applications. Providing much better response time and transaction throughput as compared to DRDB's, the main memory resident database (MMDB) system has been more and more widely used in telecom field. In this paper, after studying the MMDB technology, we propose a modified database structure in Color Ring Back Tone (CRBT) service, using MMDB in CRBT service for the first time. Test results show that the performance of CRBT application has been efficiently improved by using MMDB and the CPU utilization has been decreased, which means the system's capacity of users has been enlarged.

Keywords: main memory database; CRBT database

1 引言

时至今日, 彩铃(CRBT, Color Ring Back Tone)^[1]已经成为一项极其重要的增值业务。彩铃业务的持续增长, 对彩铃系统的性能提出了很高的要求。彩铃系统的用户数据和业务数据都保存在磁盘数据库(DRDB, Disk Resident Database)中, 当彩铃系统规模扩大时, 数据库中的数据量不断增大, 访问数据库的开销占了系统资源中的很大一部分, 数据库的访问速度对整个彩铃系统的效率有着重要的影响。但是受 I/O

瓶颈的限制, 传统磁盘数据库的性能无法提升。

为了改善彩铃系统的性能, 消除数据访问的瓶颈, 本文提出一种改进的彩铃业务数据库结构, 引入内存数据库(MMDB, Main Memory Database)技术, 达到将访问性能最大化的目的。

本文首先介绍了内存数据库技术和彩铃业务的数据库结构, 然后给出了引入内存数据库后的彩铃业务数据库结构, 介绍了其设计和实现方法, 最后通过测试, 验证了系统性能的提高。

① 基金项目:国家杰出青年科学基金(60525110);国家 973 计划(2007CB307100,2007CB307103);国家自然科学基金(60902051);中央高校基本科研业务费专项资金(BUPT2009RC0505);电子信息产业发展基金

收稿时间:2010-08-19;收到修改稿时间:2010-09-30

2 内存数据库技术概述

内存数据库目前尚未有统一的定义。但是普遍认为，内存数据库就是主拷贝常驻内存的数据库系统^[2]。换句话说就是使用内存作为数据库的主要存储，任何时刻任意一个活动事务所操作的数据集都要存放在内存中。

与硬盘相比，内存具有访问速度快、非易失、随机访问等特点。内存的这些特点对于数据库系统的设计和管理有重要影响。内存数据库从根本上抛弃了磁盘数据库管理的许多传统方式，以提高内存和 CPU 的使用效率为目的，基于全部数据都在内存中，进行了新的体系结构的设计，并且在数据组织结构、查询技术、索引技术、并行操作、数据恢复方面也进行了相应的改进，从而提供了比磁盘数据库更快的响应时间和更大的事务吞吐量。

目前商用内存数据库主要有 Timesten、IBM SolidDB、Altibase、eXtremeDB 等。开源内存数据库主要有 SQLite、FastDB、MonetDB、H2 等。

3 彩铃业务数据库结构概述

彩铃业务的数据库结构变化经历了由集中式向分布式演进的过程。起初所有类型的操作都访问一个集中的数据库，随着彩铃系统规模的扩大，呼叫处理的实时请求和其他操作的非实时请求有必要分离，OLTP 应用和 OLAP 应用也需要分离，于是呼叫数据库和统计数据库逐渐独立出来。最终形成了如图 1 所示的数据库结构^[3]。

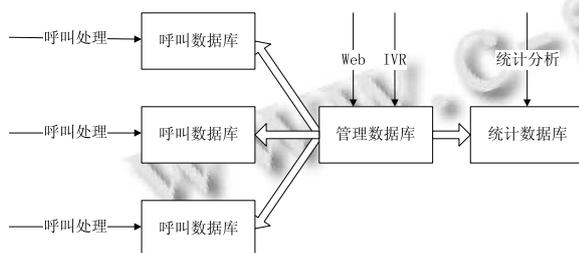


图 1 彩铃业务数据库结构

呼叫数据库负责实时呼叫处理的访问，每套呼叫数据库分别负责一部分彩铃用户的呼叫处理，基本都是对数据库的只读操作；管理数据库负责其它的非实时管理操作，包括开销户、定制彩铃、定制铃音规则

等；统计数据库负责处理统计分析的数据访问，可以针对 OLAP 应用的特点，进行单独的配置和优化。

呼叫数据库和管理数据库之间通过同步软件进行数据同步操作，同步软件将管理数据库的所有 SQL 操作发送到呼叫数据库执行，实现两个数据库的一致性。

彩铃系统中，只有呼叫处理对实时性的要求比较严格，需要数据库能够实时快速地给出响应。WEB 门户访问、IVR 访问对实时性的要求并不是特别高。而统计分析访问主要是通过复杂的查询操作来进行统计分析，对决策分析和经营分析提供建议，对数据库的响应时间要求更低。

4 内存数据库在彩铃业务中的应用实现

4.1 引入内存数据库的可行性分析

呼叫数据库用来处理彩铃业务的实时呼叫请求，对数据库的性能要求很高。在呼叫处理过程中，需要查询呼叫数据库中的用户信息，而后决定为用户播放哪个定制的铃音。具体实现上，通过调用一个数据库的存储过程来决定为用户播放的铃音，我们称这个存储过程为选音存储过程。选音存储过程占了呼叫数据库 70%-80% 的业务量，其执行效率和彩铃应用的呼叫处理能力关系重大。由于执行选音存储过程需要进行大量的磁盘读写操作，其速度远远慢于内存的读写速度和网络的传输速度，所以对数据库的访问成了呼叫处理流程中的瓶颈。

对呼叫数据库中存储的数据进行分析可知，其类型主要包括系统配置信息、用户信息、铃音信息、铃音播放规则信息和集团彩铃信息，除系统配置信息之外，其他数据的访问频率都相当高，并且基本都是只读操作，因此，完全可以将这些数据存放到内存数据库中来提高实时呼叫处理的性能。

基于上面的分析，本文将内存数据库引入彩铃业务，设计出一种高性能的彩铃业务数据库结构，以此来解决呼叫数据库的瓶颈问题，提高呼叫处理的速度。

4.2 引入了内存数据库的彩铃业务数据库结构

图 2 是在呼叫数据库中引入了内存数据库的彩铃业务数据库结构。在原有磁盘数据库之上，增加了一层内存数据库，将需要快速访问的表由磁盘数据库缓存到内存数据库。内存数据库承担大部分日常的呼叫处理工作，彩铃应用使用 ODBC 或 JDBC 进行访问。

磁盘数据库只完成少量工作，并兼具容灾功能。内存数据库和管理数据库之间通过数据同步软件进行数据同步，实现两个数据库的一致性。同时，为保证高可用性，内存数据库以双机热备方式进行工作。

由于内存数据库启动时需要将全部数据装入内存，并在内存中重新建立索引，启动花费的时间随着数据量的增长而增长。带来的一个问题就是在内存数据库主库和各库同时异常宕库的情况下，不能迅速恢复业务。为了解决这个问题，需要有磁盘数据库在后台运行，在内存数据库异常时接管呼叫处理工作，保证业务的连续性。

对应数据库结构的改变，SRF 进程访问数据库的方式也要进行相应的改变，为此，增加了一个数据库连接模块，对 ODBC 接口进行封装，SRF 对数据库的访问都通过该模块进行。

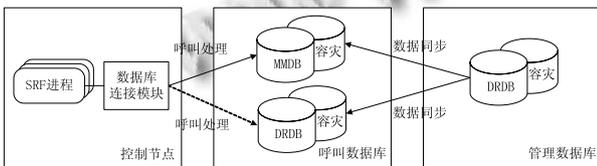


图 2 引入了内存数据库的彩铃业务数据库结构

4.3 数据库连接模块

数据库连接模块实现如下功能：

(1) 连接数据库以及连接的检测

数据库连接模块负责连接数据库，并通过心跳检测当前数据库是否可用，当检测到内存数据库主库异常时，切换为访问备库；当检测到内存数据库主库和各库都故障时，切换为访问磁盘数据库。

(2) SQL 语句的执行

数据库连接模块负责把 SQL 语句发送到数据库去执行，并取得返回结果。

由于目前的内存数据库产品对存储过程的支持不够完善，如 Timesten 不支持存储过程，SolidDB 虽然支持存储过程，但是执行性能不高，因此必须将原先的选音存储过程改写为动态库，对存储过程的调用改为动态库调用。在调用动态库时，其中的 SQL 语句也通过数据库连接模块发送到数据库去执行。

(3) 数据库句柄资源的管理

数据库连接模块还负责管理连接句柄、语句句柄

资源，定时清理不再使用的句柄。

4.4 数据同步模块

内存数据库和管理数据库之间的数据同步在原有呼叫数据库和管理数据库的同步软件的基础上实现，数据同步的机制仍然是将管理数据库的所有 SQL 操作发送到呼叫数据库执行，但是需要增加该同步软件对内存数据库的支持。除需支持连接内存数据库之外，由于内存数据库和磁盘数据库属于异构数据库，表结构需要进行调整，SQL 语句调用方式也要进行相应的改变。因此，同步软件还要负责把磁盘数据库侧的 SQL 语句转化为内存数据库可执行的 SQL 语句。

4.5 高可用机制

内存数据库采用双机热备方式实现高可用性。如图 3 所示是内存数据库的热备份体系结构^[4]。主用服务器包含活动数据库，其事务日志同步复制到备用服务器，备用服务器根据接收到的事务日志更新数据，因此它包含此活动数据库的准确而且是最新的副本。当主用服务器发生故障时，备用服务器可以立即接替它成为新的主用服务器，继续承担业务处理工作。此外，备用服务器还可以对来自客户机的只读请求做出响应，起到均衡负载的作用。

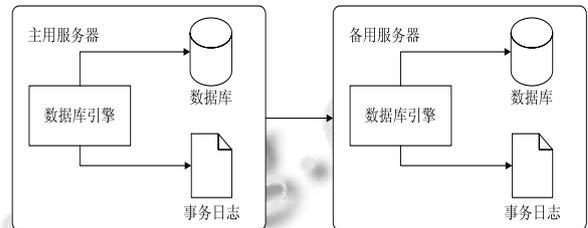


图 3 内存数据库的热备份体系结构

5 性能测试及分析

上节提出的在彩铃业务中应用内存数据库的方案，已经在实验室和现网都进行了大量的性能测试，并即将在浙江现网商用。本节首先对测试方法进行介绍，然后分析测试结果，来说明彩铃系统性能的提高。

5.1 测试方法

本文编写了针对彩铃业务的数据库性能测试程序。测试程序和数据库服务器构成典型的客户端/服务器体系结构，如图 4 所示。客户端可以启动任意多个进程，模拟控制节点的 SRF 进程向数据库发送放音请求。数据库对请求进行处理后，将结果返回给客户端

的进程。每个进程单独建立数据库连接，随机生成主叫号码和被叫号码作为选音存储过程的参数，循环执行选音存储过程并进行统计。

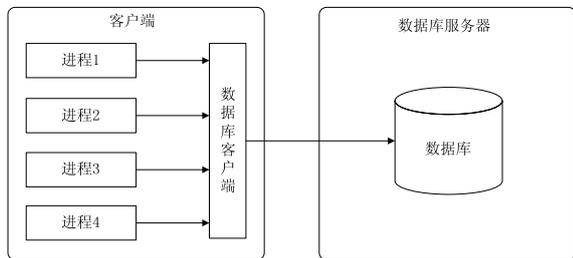


图 4 测试程序的客户端/服务器体系结构图

测试使用的磁盘数据库是 Informix，内存数据库是 IBM SolidDB。SolidDB 是 IBM 公司推出的一个关系型内存数据库系统，是目前主要的商用内存数据库之一，在电信网络、企业应用、嵌入式系统中都有广泛应用^[5]。

测试使用 HPUX BL870 主机（16 颗 CPU，32G 内存）。针对该主机，我们对 Informix 和 SolidDB 都使用了最优的配置。对 Informix 的测试，已事先运行测试程序一段时间，使得需要处理的相关表的数据都缓存到内存缓冲区中，这样在正式测试时，磁盘 I/O 接近零，Informix 达到最佳性能。

测试的性能指标主要有三个：

- ① CAPS：即数据库每秒处理的呼叫请求数量 (Call Attempts per Second)，它反映了数据库的吞吐率。
- ② 平均时延：所有存储过程调用的平均执行时延。
- ③ CPU 占用率：被测系统在测试时间段内的 CPU 平均占用率，它是反映系统负荷最重要的指标。

我们分别启动 4 个、8 个、16 个、32 个、48 个、64 个进程，并分别连接 SolidDB 和 Informix 发送呼叫请求。

5.2 测试结果和分析

图 5 给出了 SolidDB 和 Informix 最大处理能力的对比，横坐标表示不同的进程数，纵坐标表示 CAPS。可以看出，SolidDB 的处理能力约是 Informix 的 2 倍。

图 6 给出了 SolidDB 和 Informix 平均处理时延的对比，横坐标表示不同的进程数，纵坐标表示平均处

理时延（单位是秒）。可以看出，SolidDB 的平均时延约是 Informix 的 1/2，这说明了平均时延减小是吞吐率增大的原因。

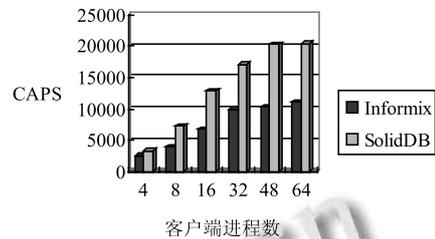


图 5 SolidDB 和 Informix 的吞吐率对比

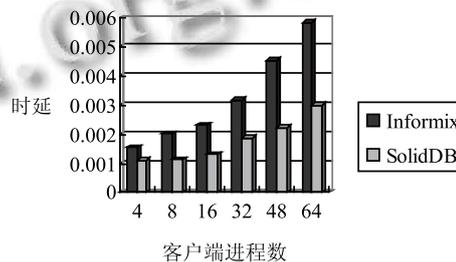


图 6 SolidDB 和 Informix 的平均时延对比

图 7 给出了 SolidDB 和 Informix 的 CPU IDLE 值对比，横坐标表示不同的进程数，纵坐标表示 CPU IDLE 值。可以看出，SolidDB 和 Informix 都可以将 CPU 充分利用，并且 SolidDB 的 CPU 占用率明显低于 Informix。

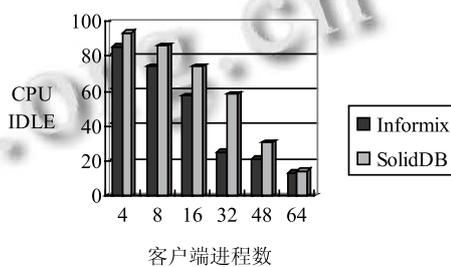


图 7 SolidDB 和 Informix 的 CPU IDLE 值对比

上述结果表明，SolidDB 能够比 Informix 提供更大的吞吐量和更低的 CPU 占用率，彩铃应用的性能有明显提升。

5.3 测试结论

上节对测试结果的分析表明，单位时间内内存数据库比磁盘数据库处理的事务量大，且占用的 CPU 低，证明了使用内存数据库之后，彩铃应用的性能的

（下转第 79 页）

去除了交通路口排队等待的静止车辆和运动车辆阴影,从而解决车辆的误判断及车辆之间的粘连问题,保证车辆检测的正确性。

6 结语

目标车辆检测与跟踪是智能交通控制系统的关键技术,而由于光照变化产生的目标车辆阴影的检测与去除将会直接影响到交通控制的合理与否。

本文在 HSV 色彩空间的基础上,采用亮度分量为,色调与饱和度分量辅助的方法对目标车辆的阴影进行检测,结合背景差分法去除车辆阴影,实验结果证明该方法可以比较正确的去除由光照变化产生的阴影,较好的避免车辆的误提取,算法简单、快速,在智能交通控制系统中具有一定的应用价值。

参考文献

- 1 Prati A, Mikic I. Detecting moving shadows: algorithms and evaluation. *IEEE Trans. on Pattern and Machine Intelligence*, 2003,25(7):918-923.
- 2 Fung GSK, Yung NHC, et al. Towards detection of moving cast shadows for visual traffic surveillance. 2001:2505-2510.

- 3 付萍,方帅,徐心和,等.视频监控系统中运动目标检测的阴影去除方法. *计算机工程*,2007,33(10):22-24.
- 4 张玲,程义明,谢于明,等.基于局部二元图的视频对象阴影检测方法. *系统工程与电子技术*,2007,29(6):974-977.
- 5 黄鑫娟,周洁敏.基于光度特性和多梯度分析的运动阴影去除法. *计算机应用*,2010,30(2):370-373.
- 6 刘辉,杨晨晖,等.一种基于边缘信息与 HSV 颜色空间相结合的阴影检测算法. *现代计算机*,2009,39:51-55.
- 7 林洪文,涂丹,李国辉.基于统计背景模型的运动目标检测方法. *计算机工程*,2003,29(16):97-108.
- 8 Cucchiara R, Grana C, Picardi M, et al. Detecting Objects, Shadows and Ghosts in Video Streams by Exploiting Color and Motion Information. *Proc. of the 11th International Conference on Image Analysis and Proceeding (ICIAP 2001)*. 2001-9Gligor VD, Donescu P. Fast encryption and authentication: XCBC encryption and XECB authentication modes. Matsui M, ed. *FSE 2001*. LNCS 2355, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2002: 92-108.

(上接第 41 页)

确得到明显的提升,这不仅能够提供更好的客户感受,而且由于 CPU 占用降低,系统能够承载更多的用户。因此,下一步工作可以设计减少呼叫数据库的数目,从而减少数据同步量,降低网络带宽,并减轻日常管理维护工作。

6 结语

虽然内存数据库能够提供比磁盘数据库更好的性能,并且其实现的代价低于同等性能要求情况下增加硬件的成本。但是它的应用也需要付出一定的代价。由于内存数据库启动时间长,必须有后台磁盘数据库做容灾,在内存数据库主库和备库都异常宕库的情况下接管呼叫处理工作,保证业务的连续性。另外,内存数据库执行存储过程的效率不高,必须将存储过程改写为动态库,从而增加了开发的难度。

尽管如此,内存数据库仍然十分值得研究和应用。内存数据库代表未来数据库技术发展的一个新方向,

在下一代网络中,随着业务智能的提高,数据处理的复杂度、规模和性能要求越来越要高,采用内存数据库来改善系统性能将不可避免。

参考文献

- 1 Shen QW, Liao JX. A CVM approach for service migration. *Proc. of International Symposium on Communications and Information Technologies*. 2005:775-778.
- 2 Garcia-Molina H, Salem K. Main memory database systems: an overview. *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*. 1992,4(6):509-516.
- 3 李通洋,朱晓民.彩铃数据高效同步的设计与实现. *中国科技论文在线*,2009-02-13.
- 4 IBM Corporation. *IBM SolidDB and IBM SolidDB Universal Cache High Availability User Guide (Version 6.3)*, 2009.
- 5 IBM SolidDB. [2010-8-19]. <http://www.ibm.com/developerworks/data/products/soliddb/>