

基于 Oracle10g 的 VLDB 备份与恢复技术

何平, 杨树强, 贾焰, 邹鹏

(国防科技大学计算机科学学院, 长沙 410073)

摘要: 介绍了海量数据库的概念, 进行了数据备份与恢复的实验, 研究了 Oracle10g 的几种技术, 针对一个实际的、由多节点组成的海量数据库系统, 比较了几种备份恢复方式, 设计并实现了一套合理、高效的解决方案。

关键词: VLDB; Oracle10g; 备份; 数据泵; 表空间

Backup and Recovery Technology in VLDB Based on Oracle10g

HE Ping, YANG Shuqiang, JIA Yan, ZOU Peng

(School of Computer Science, National University of Defense Technology, Changsha 410073)

【Abstract】 This article introduces the concept of the very large database and describes the primary requests for backup and recovery of data in the VLDB. It does some researches for technology of backup and recovery of Oracle10g. It proposes a reasonable and efficient solution for a reality multi-node VLDB system by comparing several backup and recovery modes.

【Key words】 Very Large Database(VLDB); Oracle10g; Backup; Data pump; Table space

1 概述

现代企业应用面临数据大集中的需求, 一些与人们生活紧密相关的应用领域, 如电信、银行、户籍管理等, 需要集中统一地存储和管理大量的数据, 其所用的数据库系统的数据量达到了 GB 或 TB 级。这样大规模的数据库系统被称之为海量数据库。VLDB 不仅需要支持大量的用户连接和大的工作负荷, 而且更多地体现在对数据库系统的有效管理上。面对海量的数据, 如何进行有效的维护和存储, 在数据库出现错误或者毁损的情况下, 如何进行系统的恢复、保持数据库系统的良好运行是海量数据库系统特别需要关注的问题。

自关系数据库模型提出以来, 数据库系统技术已经发展出多种数据库产品。现在主流的数据库产品包括 Oracle、DB2、Sybase、MySQL、PostgreSQL 等。其中, Oracle 数据库系统由于其出色的稳定性、卓越的性能、可靠的安全性和强大的管理功能, 是当前在各个行业应用得最广泛的大型数据库之一, 它支持 VLDB, 在数据备份和恢复方面为用户提供了丰富的选择。Oracle10g 是甲骨文公司在 Oracle9i 的基础上推出的新版本数据库产品, 它增加了新的备份工具, 同时增强了原有工具的功能。本文在 Oracle10g 基础上, 研究海量数据库系统的数据备份和恢复技术, 实现以下系统需求:

(1) 功能需求: 定期对系统中新加载的数据进行备份; 系统数据讹误或毁损后可以利用备份进行修复; 历史数据的备份可以迁移到其它系统中, 提供历史数据的查询。

(2) 性能需求: 系统始终处于运行状态, 任何时刻都不能停机; 备份和恢复期间, 除备份和恢复数据以外的其他数据能够被正常访问; 尽量缩短备份和恢复时间; 备份和恢复操作尽量减小对加载、查询的性能影响; 充分利用网络带宽, 减少网络传输量。

2 Oracle10g 备份方式

2.1 物理备份

Oracle 的物理备份是针对数据库物理损坏进行的, 如果

发生物理数据文件丢失或存储设备损坏, 利用物理备份能将丢失减少到最小甚至完全恢复, 但是它不能实现不同数据库之间的数据搬移。物理备份分为脱机备份和联机备份。

(1) 脱机备份是在关闭数据库的情况下, 将数据库所有的控制文件、日志文件、数据文件和初始化参数文件(可选) 转存到其它存储设备上。其优点为: 备份速度快, 只需拷贝文件, 归档方便; 维护简单, 数据安全性高; 恢复简单。不足之处在于: 备份和恢复时必须确保数据库有足够长的时间停留在脱机状态。

(2) 联机备份能够在数据库打开时对数据文件做操作系统级的备份, 要求数据库处于归档模式。其优点为: 备份期间用户可以访问数据库; 不必备份所有的数据文件; 备份和恢复时间短。不足之处在于: 备份过程不能出错, 否则后果严重; 使用方式比较复杂, 需要对操作系统和 Oracle 数据库管理系统有较深的认识。

2.2 逻辑备份

Oracle 的逻辑备份是针对表空间、表等数据库逻辑组件的丢失进行的, 如果丢失了逻辑组件, 用逻辑备份恢复最快; 同时, 逻辑备份可以实现跨平台的数据搬移。逻辑备份将源数据库中对象的结构及其数据导出并存储到 Oracle 二进制格式的转储文件中。导入工具将转储文件中对象的结构及其数据装载到目标数据库。Oracle10g 提供的导出/导入工具和数据泵导出/导入工具可以实现逻辑备份和恢复。

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目“网络环境的新一代中间件核心技术及运行平台”(2004AA112020); 国家“863”计划基金资助项目“面向应用服务器的自主计算技术研究”(2003AA115210); 国家“863”计划基金资助项目“高性能网络服务器评测”(2003AA111020)

作者简介: 何平(1979-), 女, 硕士生, 主研方向: 分布式计算, 海量数据库系统; 杨树强, 教授; 贾焰、邹鹏, 教授、博导

收稿日期: 2005-10-24 **E-mail:** pinghe_nudt@hotmail.com

2.2.1 导出/导入

导出/导入工具支持 4 种操作模式：

- (1)完整模式：导出和导入整个数据库。
- (2)表空间模式：仅导出和导入一组表空间内所有对象的元数据（对象结构），在数据库之间移动这组表空间。
- (3)用户模式：导出和导入属于指定用户的所有对象。
- (4)表模式：导出和导入指定的表和表分区。

导出/导入工具的优点：在导出时可以检测到数据块损坏；导出提供了特殊级别的保护手段，避免用户错误或结构性失效；导出时可以重新组装物理存储设备上不相邻的碎片，起到压缩碎片的作用。不足之处：如果导出和导入大量的数据，速度会非常慢。

2.2.2 数据泵导出/导入

Oracle10g 引入了最新的数据泵（Data Pump）技术，它可以在不同数据库间高速移动数据库的元数据和数据。数据泵导出/导入工具支持 5 种操作模式：

- (1)完整模式：对数据泵导出而言是导出整个数据库，对数据泵导入而言是将转储文件的完整内容导入目标数据库。
- (2)方案模式：导出和导入指定方案的所有对象。
- (3)表模式：导出和导入一组指定的表、分区及其依赖对象。
- (4)表空间模式：导出和导入一组表空间内所有对象的元数据和数据。
- (5)可搬移的表空间模式：导出和导入一组表空间内所有对象的元数据，在数据库之间移动这组表空间。

与传统的导入/导出工具相比，数据泵导出/导入工具的具有明显优势：对单个流的导出快 60%，导入快 15~20 倍；自动并行处理；可重新开始；对导出的转储文件进行大小估计。

3 备份方案设计

3.1 海量数据库系统结构

本文论述的海量数据库系统由两组独立运行于相同操作系统的 Oracle10g 数据库组成，如图 1 所示。

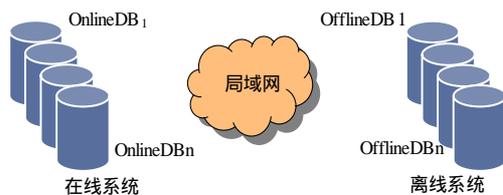


图 1 海量数据库系统结构

第 1 组数据库称为在线系统，系统内的数据库为 OnlineDB₁~OnlineDB_n；第 2 组数据库称为离线系统，系统内的数据库为 OfflineDB₁~OfflineDB_n；所有的数据库节点通过局域网互相连接。每天有大量数据进入在线系统，这些数据属于流水数据，主要提供查询服务。为了避免数据量的不断增长和对历史数据的查询导致在线系统的加载和查询性能下降，需要转储历史数据，并将其搬到离线系统以供查询。

3.2 数据库的存储结构

海量数据库的数据存储广泛采用了表分区技术。表分区技术将大表及其索引通过分区（Partition）的形式分割为若干较小、可管理的小块，每个分区都是一个独立的段，可以存放在不同的表空间中。分区表通过对分区列的判断，把分区列不同的记录，放到不同的分区中，而这种分区对于应用来说是透明的。通过对表进行分区，可以获得以下的好处：减少数据损坏的可能性；各分区可以独立备份和恢复，增强了

数据库的可管理性；可以控制分区在硬盘上的分布，以均衡 I/O，改善数据库的性能。

本系统中的分区表按数据入库的时间进行分区并建立了局部索引，如图 2 所示。在增加分区之前，需要建立新的表空间容纳新增的分区。例如，首先建立表空间 TBS20050630，然后在 TBS20050630 中建立分区表 table₁ 至 table_N 的分区 P20050630，该分区将存放 6 月 27 日~6 月 29 日之间进入数据库的数据。

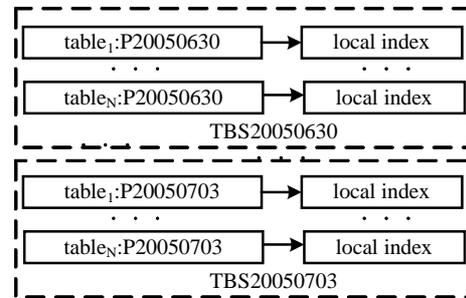


图 2 数据库的存储结构

3.3 备份方式的选择

根据系统备份和恢复的基本要求，只有两种逻辑备份方式满足所有条件（见表 1）。相比传统的导出/导入，数据泵导出/导入具有更强大的功能和更优越的性能，因此首先确定使用数据泵导出/导入工具。

表 1 备份方式比较

备份方式	数据库不停机	操作期间正常访问其他数据	备份可搬移到其他数据库
脱机备份	不支持	不支持	不支持
联机备份	支持	支持	不支持
导出/导入	支持	支持	支持
数据泵导出/导入	支持	支持	支持

由于导出/导入的只是一段时期内的数据，可以考虑采用表模式或可搬移的表空间模式。表模式支持表分区导出，是最细琐的数据对象转移机制，需要导出导入元数据和数据，速度慢，不适合大量数据的导出导入；可搬移的表空间模式经过的数据库处理阶段少，仅执行元数据而非实际数据的导出导入，因此即使是导出导入大的表空间集也能保持很快的速度，但是导出的表空间集必须是自包含的，不支持表分区导出。在海量数据库系统备份决策中，备份与恢复的数据量和时间是最重要的因素，本案例将采用可搬移的表空间模式。需要注意的是，如果导出的表空间集中只包含了分区表的少部分分区，就必须在导出前交换表分区。

备份和恢复可由用户管理，也可由服务器管理。服务器提供的管理工具 RMAN（Recovery Manager）功能强大、使用简单，几乎能完成所有用户管理能够完成的工作。但是，RMAN 备份时会将会备份记录写到控制文件中，恢复时需要读取这些记录，它只能对同一个数据库进行备份和恢复，不能在不同数据库间搬移数据。因此，将由用户管理数据的备份、恢复和搬移。

4 备份工具实现

在实际的海量数据库系统应用中，手工进行备份与恢复不啻于一个浩大的工程。C/S 结构的备份工具如图 3 所示。

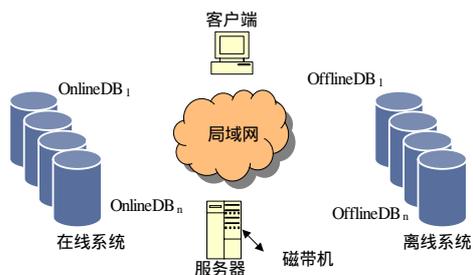


图3 备份工具结构

本文设计并实现了一个 C/S 结构的备份工具。客户端设计为一个图形界面，通过该界面选择操作类型和数据范围，并且可以动态显示操作进度；服务器提供数据备份、恢复和搬移服务，并将执行过程动态地反馈给客户端；磁带机与服务器相连。

下面以备份、恢复和搬移 OnlineDB₁ 中 6 月 27 日~6 月 29 日之间的历史流水数据（即表空间 TBS20050630 中所有分区表的 P20050630 分区）为例，给出应用实现的基本步骤。

(1) 备份服务的基本步骤

1) 在源数据库导出表空间集 TBS20050630，生成转储文件。步骤 A1 的执行细节如下所示($i \in [1, N]$)：

建立表空间 EXCHANGETBS。

DISABLE 分区表 table_i 的所有约束。

在 EXCHANGETBS 中创建没有任何记录的交换表 table_i_P20050630，该表的结构与分区表 table_i 相同。

根据 table_i 的局部索引列在 EXCHANGETBS 中建立 table_i_P20050630 的全局索引。

交换表分区，ALTER TABLE table_i EXCHANGE PARTITION P20050630 WITH TABLE table_i_P20050630 INCLUDING INDEXES WITHOUT VALIDATION。

ENABLE 分区表 table_i 的所有约束。

检查要导出的表空间集是否满足自包含条件。

将表空间集置为只读。

生成要导出的表空间集合，EXPDP user/password DIRECTORY=dpump_dir；DUMPFILE= OnlineDB₁_TBS20050630.dmp TRANSPORT_TABLESPACES=TBS20050630。

2) 通过局域网将表空间集的转储文件和数据文件拷贝到服务器。

3) 在服务器端将转储文件和数据文件压缩打包后拷贝到磁带。

(2) 恢复和搬移服务的基本步骤

1) 将转储文件和数据文件拷贝到服务器后解包解压。

2) 通过局域网将转储文件和数据文件拷贝到目标数据库。

3) 在目标数据库导入表空间集 TBS20050630。步骤 B3 的执行细节如下所示($i \in [1, N]$)：

插入表空间集到目标数据库，IMPDP user/password DIRECTORY=dpump_dir

DUMPFILE=OnlineDB₁_TBS20050630.dmp

TRANSPORT_FILES= datafile[,...]。

将已导入的表空间集置为可读写。

如果是搬移数据，在目标数据库建立表空间 EXCHANGETBS，在这个表空间中增加 table_i 的分区 P20050630。

DISABLE 分区表 table_i 的所有约束。

交换表分区，ALTER TABLE table_i EXCHANGE PARTITION P20050630 WITH TABLE table_i_P20050630 INCLUDING INDEXES WITHOUT VALIDATION。

ENABLE 分区表 table_i 的所有约束。

DISABLE 分区表的约束是为了避免影响交换表分区操作。交换表分区包括交换分区表的局部索引分区和交换表的全局索引，交换时不检查交换表中的记录是否满足表分区的映射条件。交换表分区操作仅在表空间之间交换交换表和表分区的结构，不交换表数据，它的执行速度是很快的。

用户在执行 EXPDP 命令时必须具有 EXP_FULL_DATA BASE 角色。参数 DUMPFILE 指定要创建的转储文件名称；参数 DIRECTORY 指定默认的目录对象，该对象必须在调用数据泵工具前创建并指向转储文件的 OS 目录；参数 TRANSPORT_TABLESPACES 指定导出模式和要导出的表空间集列表。用户在执行 IMPDP 命令时必须具有 IMP_FULL_DATABASE 角色。参数 TRANSPORT_DATAFILES 指定要插入的表空间的所有数据文件列表。

转储文件和数据文件的压缩打包与解包解压不在数据库节点进行，可以减少对数据库节点 CPU 和内存的占用，减小对数据库加载和查询性能的影响；服务器可以并行地对多个数据库执行数据备份、恢复和搬移，充分利用网络带宽，大大缩短了对多个数据库进行操作的总时间；客户端设计为图形界面，降低了操作难度。

5 结束语

本文设计了一套合理的数据备份与恢复方案，且实现了一个简单高效的备份工具。该工具经过实际的反复测试，能够满足系统功能需求，改善系统性能。在海量数据库系统的数据备份和恢复中，服务器与磁带机之间的数据传输不能并发执行，磁带机的传输速率又远小于网络传输速率，随着系统的扩展，需要传输的数据量将会不断增加，这些因素将导致磁带机的数据传输速率成为未来数据备份与恢复的瓶颈。因此可以适当增加磁带机数目，实现数据在服务器与若干台磁带机之间的并行传输，以提高备份与恢复的性能。

参考文献

- 1 Oracle 公司. Oracle Documentation[EB/OL]. <http://www.otn.oracle.com>, 1992.
- 2 王海亮, 王海凤. 精通 Oracle10g 备份与恢复[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- 3 Freeman R G, Matthew H. ORACLE 9i RMAN Backup & Recovery Configure and Use Oracle Recovery Manager[Z]. 2002.
- 4 Smith K, Haisley S. Oracle Backup & Recovery 101[Z]. 2002.
- 5 王 琴, 宋顺林. ORACLE 数据库管理系统的备份策略及应用举例[J]. 计算机工程, 2002, 28(12): 262-264.
- 6 刘天时, 赵高正. 一种通用数据库数据整理方法[J]. 计算机工程, 2004, 30(20): 70-71.