

学校编码: 10384
学号: X2006230044

分类号 _____ 密级 _____
UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于日志解析的 Oracle 远程数据库
同步方法研究及实现

The Study and Implementation of the Synchronization for
Remote Database of Oracle Based on Log Paser

刘传尧

指导教师姓名: 王鸿吉 讲师

专业名称: 软件工程

论文提交日期:

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2009 年 4 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（）课题（组）的研究成果，获得（）课题（组）经费或实验室的资助，在（）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

进入九十年代以来,随着信息化的深入,社会各项工作已越来越离不开计算机网络与数据库系统。由于计算机系统分布在不同地域,利用这些计算机系统的协同工作已经成为计算机领域中的一项重要技术,分布式数据库就是其中之一。如何保证各个系统中的服务器不间断地工作,并保证关键数据的同步已成为分布式数据库运用的核心问题。因此必须建立一套可靠的远程数据库同步方案。传统的数据同步方案都不能针对数据库的特定时间段或特定局部表区域进行局部同步,本文提出了一种基于 oracle 的日志解析的远程数据库同步的方法,能够很好的解决局部同步的问题。本文主要贡献总结如下:

1. 综述了远程数据库同步的各种方法及其优劣

本文综述了远程数据库同步的各种方法,并比较了几种方法的优劣。方法包括:利用数据库自身的同步功能;利用数据库的特性(数据库存在固定目录,并且以文件形式存储)进行数据库目录同步以达到数据同步目的;利用专用的数据库同步软件。

2. 探讨基于 Oracle 数据库日志解析的远程同步方案实施的几个关键问题

本文探讨了Oracle数据库中通过日志解析来建立远程数据库同步方案需要解决的几个关键问题,包括redo日志解析以及利用LogMiner分析日志文件;解析LogMiner分析出的sql语句进行词法解析(利用Flex解析并重构语句,以符合目标端表结构)并转换成OCI默认的带参数的sql语句(带参数SQL语句可以实现模板快速入库);远程数据库通过日志表进行同步操作。

3. 提出了一个远程数据库同步方案原型、探讨了系统设计中鲁棒性等问题

本文初步探讨了Oracle环境下远程数据库同步的问题,提出了一个基于日志解析的同步方案,并给出了原型方案的实验结果及分析。

关键词: Oracle; Redo 日志; Flex

Abstract

With the further informatization after 1990s, various social work show more and more dependence on the network and database system. The computer system being distributed in different area, integrating all the computer system has become important technology in computer science fields. The distributed database system emerges at the time required. The core of the distributed database system lies in the guarantee of the constant server working of each system and the synchronization of the key data. A reliable synchronization plan for remote database should be put forward. The traditional methods can not accomplish data synchronization in the specified time and in the specified field of the data. So a synchronization plan for remote database based on the Oracle log parser is put forward in this thesis, including as follows:

1. Presenting different researching methods of the data synchronization for remote database.

One based on the synchronizaiton function of the database; One based on the characteristic of the database (There are set catalogue in each database and they are saved in the form of documents); One based on the appropriate data synchronization software.

2. Putting forward some proper solutions for the key problem in data synchronization for remote database based on the log parser.

Including Redo log parser and log documents parcer through Logminer. Resolving SQL sentence syntax pasered by logminer (making it acord with the target table with the Flex log parcer) and changing it into other sql sentences with parameters acquiesced by the OIC (the sql sentences with parameters will be efficient). The remote database accomplish synchronization operation by the log table.

3. Putting forward a prototype of the remote database and discussing the problems of the robutness of the system.

In this thesis I probe into the problem in data synchronization for remote database in Oracle and put forward a solutions based on the log parcer. Some experimental results and their analyzing work are provided.

Key Words: Oracle; Redo log; Flex

目 录	
第一章 绪论	1
1.1 问题研究的背景及意义	1
1.2 问题的提出及本文主要贡献	5
1.2.1 问题的提出	5
1.2.2 本文主要贡献	5
1.3 论文的组织结构	6
第二章 现代分布式数据库系统及数据同步方法	8
2.1 分布式数据库	8
2.1.1 分布式数据库定义	8
2.1.2 分布式数据库系统的体系结构	9
2.1.3 分布式数据库的特点	11
2.1.4 分布式数据库的优点	12
2.1.5 分布式数据库的缺点	12
2.1.6 分布式数据库系统的分类	13
2.2 数据库同步策略	14
2.2.1 数据库同步概念	14
2.2.2 数据库同步更新技术的作用	14
2.2.3 数据库同步策略的比较	15
2.3 小结	16
第三章 数据库同步系统的关键问题研究	17
3.1 Oracle 数据库日志及 LogMiner 工具的使用	17
3.1.1 Oracle 数据库日志特性	17
3.1.2 Oracle 日志文件的组成	18
3.1.3 Oracle 日志系统运行机制	20
3.2 LogMiner 工具	21
3.2.1 安装和配置 LogMiner 工具	23

3.2.2 LogMiner 工具的分析步骤	24
3.2.3 LogMiner 解析 Oracle 归档日志文件	26
3.3 利用 Flex 构建 SQL 语法解析器	27
3.3.1 Flex 表达式规则	28
3.3.2 Flex 编程规则及构建词法编译器基本步骤	29
3.3.3 利用 Flex 构建 SQL 词法解析器	29
3.4 小结	32
第四章 数据同步系统的设计及实现方案	33
4.1 数据同步系统的概要设计	33
4.2 数据同步系统的实现	36
4.2.1 源数据端的实现	36
4.2.2 目标数据端的实现	46
4.2.3 控制端的实现	50
4.2.4 数据同步系统实现及部署	52
4.3 实验结果分析	54
4.4 小结	54
第五章 总结与展望	55
5.1 本文研究内容及主要贡献	55
5.2 后续工作	55
参考文献	57
致谢	59

CONTENTS

Chapter 1 Literary Review	1
1.1 Background and Significance of Present Research	1
1.2 The Present Study and its Significance	5
1.2.1 The Present Study	5
1.2.2 The Significance	5
1.3 Organization of the Thesis	6
Chapter 2 Comparison between Methods of Achiving Remote Synchronization and Distibuted Database	8
2.1 Distributed Database	8
2.1.1 Definition	8
2.1.2 Architechure of the Distributed Database System	9
2.1.3 Features of the Distributed Database	11
2.1.4 Advantage of the Distributed Database.....	12
2.1.5 Disadvantage of the Distributed Database.....	12
2.1.6 Classification of the Distributed Database.....	13
2.2 Strategies of Synchronization for Database.....	14
2.2.1 Definition	14
2.2.2 Effect of the updating technology of the Database Synchronization....	14
2.2.3 The Comparison between the Strategies of the Synchronization for Database.....	15
2.3 Summary.....	16
Chapter 3 The Research on the Key Problems of the Database Synchronization System	17
3.1 Oracle Log Parcer and Using of LogMiner	17
3.1.1 Features of Oracle Log Parcer	17
3.1.2 Composing of Oracle Log Parcer Document.....	18

3.1.3 Working Mechanism of the Oracle Log Parcer	20
3.2 LogMiner Tool.....	21
3.2.1 The Setup and the Collocation of LogMiner Tool.....	23
3.2.2 Analytical Procedure of LogMiner	24
3.2.3 Paser for Oracle Archive Log Document by Logminer.....	26
3.3 Constructing SQL Expression Parcer Based on Flex	27
3.3.1 Flex Expression Formula	28
3.3.2 Flex Programming Formula and Simple Procedure of Constructing Lexical Compiler	29
3.3.3 Constructing SQL Lexical Parcer by Flex Tool	29
3.4 Summary.....	32
Chapter 4 Designing of Data Synchronization Systems and Implementation	33
4.1 Simple Design of Data Synchronization System	33
4.2 Implementation for Data Synchronization System.....	36
4.2.1 I ntroduction of Resource Data Design.....	36
4.2.2 Introduction of Target Data Design	45
4.2.3 Introduction of the Controlling Terminal Design	50
4.2.4 Deployment and Implement of the Distributed Database.....	52
4.4 Analyse of the result for experimentation.....	54
4.5 Summary.....	54
Chapter 5 Conslusion	55
5.1 Summary and Significance.....	55
5.2 Limitations.....	55
Reference.....	57
Acknoledgements	59

第一章 绪论

1.1 问题研究的背景及意义

随着信息化的建设及互联网技术的飞速发展,人类已经进入了一个崭新的信息化时代,社会的信息数据量急剧增长。而随之而来的我们如何建立、处理、存储、保护和使用这些数据,已经构成了信息社会运作的大动脉。无论是国家、社会还是个人,都越来越多的依赖于他们的信息,它是一个组织在信息社会中保持竞争优势的基础设施。计算机技术的发展使得我们能够快速处理这些信息数据,而数据库技术为我们处理这些信息数据提供了一个有力的工具。传统的集中式数据库系统从理论到实践都已经取得了巨大的成就。但随着传统的数据库技术日趋成熟、计算机网络技术的飞速发展和应用范围的扩充,数据库应用已经普遍建立于计算机网络之上。这时集中式数据库系统表现出它的不足:数据按实际需要已在网络上分布存储,再采用集中式处理,势必造成通信开销大;应用程序集中在一台计算机上运行,一旦该计算机发生故障,则整个系统受到影响,可靠性不高;集中式处理引起系统的规模和配置都不够灵活,系统的可扩充性差。

计算机网络技术的发展为分布式数据库的发展提供了可能,分布式数据库是数据库技术与网络技术相结合的产物,在数据库领域已形成一个分支。分布式数据库中的数据多分布于计算机网络中的不同的计算机系统中,一个分布式数据库在逻辑上是一个统一的整体,在物理上则是分别存储在不同的物理节点上。一个应用程序通过网络连接可以访问分布在不同地理位置的数据库。它的分布性表现在数据库中的数据不是存储在同一场地。更确切地讲,不存储在同一计算机的存储设备上。从用户的角度看,一个分布式数据库系统在逻辑上和集中式数据库系统一样,用户可以在任何一个场地执行全局应用。分布式数据库系统适合于单位分散的部门,允许各个部门将其常用的数据存储在本地区,实施就地存放本地使用,从而提高响应速度,降低通信费用。分布式数据库系统与集中式数据库系统相比具有可扩展性,通过增加适当的数据冗余,提高系统的可靠性。在集中式数据库中,尽量减少冗余度是系统目标之一。其原因是,冗余数据浪费存储空间,而且容易造成各副本之间的不一致性。而为了保证数据的一致性,系统要付出一

定的维护代价。减少冗余度的目标是用数据共享来达到的。而在分布式数据库中却希望增加冗余数据，在不同的场地存储同一数据的多个副本，其原因是：

1、通过这些冗余数据来提高系统的可靠性、可用性

当某一场地出现故障时，系统可以对另一场地上的相同副本进行操作，不会因一处故障而造成整个系统的瘫痪。

2、提高系统性能系统

可以根据距离选择离用户最近的数据副本进行操作，减少通信代价，改善整个系统的性能。

而采用分布式数据技术后，随之而来的多个计算机系统之间的数据同步也就成为了一个重要的研究问题。例如：银行内总行与各个分行间数据库同步、企业内部总部与子公司各个机构间的数据同步，高校的不同分校区间的数据同步等情况有很多^[1]。如何正确有效的同步远程的数据库成了人们关注的焦点，同时，基于不同的技术，也提出多种数据同步的方法。

数据库同步根据复制的方法主要分为两大类^[2]：

1. 表复制技术

表复制技术采用把某一时刻源数据的表的内容通过网络发送到要复制目标数据的副本。因为复制的内容是表的某一时刻的状态，所以又形象地称为表快照，在表复制只允许修改主表，而复制只可读。包含主表的数据库称为主数据库。每一个复制称为一个快照。快照异步的刷新，反映主表的一个最近事务一致状态。在这种同步技术中要多长时间进行一次表快照的复制，要根据实际的需求和环境决定。表快照的复制是基于表的复制。由于不是以事务为基础，所以副本缺乏基本的关系完整性。

2. 事务复制技术

从复制的具体内容来看表复制是真正意义上的数据复制，不管采用何种数据接收方式（如将表删除后再重建或删除表中数据但保留表结构），在网络中传送的是数据表内容。而事务复制在网络中传送的是事务（由一条或多条INSERT、DELETE、UPDATE），副本接收到复制内容后，要重复一遍接收到的事务操作来实现与数据源的一致。从传输的数据量来看，事务复制仅将发生的变化传送给订购者，是一种增量复制，而且事务复制的时间可根据应用需求、网络情况和站点情

况而确定。因此事务复制中当出版数据库发生变化时,这种变化就会被立即传递给订购者,并在较短时间内完成(几秒或更短),而不是像表复制那样要经过很长一段间隔。事务复制是一种几近实时地从源数据库向目标数据库分发数据的方法。但由于事务复制的频率较高,所以必须保证在订购者与出版者之间要有可靠的网络连接。

表复制技术不能针对异构数据库系统进行同步,所谓异构数据库是指两个需要同步的数据库之间的表结构存在不同。事务复制技术可以完整复制源数据库的变化到目标数据库,并可以针对事务进行重新处理,以解决上述表复制技术不能处理的问题。但是事务复制技术不能解决局部同步问题,由于事务处理的连续性,事务复制需要连续同步,无法针对局部数据或局部时间段进行数据同步。同样,事务复制技术也无法解决两端数据库存在需要同步的异构表情况。

本文根据数据库同步的需求及数据库同步的特征,并结合以上两种数据库同步技术的缺点,提出了基于日志解析的数据库同步技术,该技术与以上两种数据库同步技术相比,在许多方面都有其不可替代的优势,这主要体现在^[3]:

1. 操作方便, 适合远程同步操作

表复制同步技术这种方式在远程数据库同步上很难实现,特别在网络带宽有限的网络环境下实现数据同步极其不现实;而基于日志的数据库同步技术很适合远程数据库同步。

2. 实现记录级数据同步

记录级数据的同步是指不涉及表结构以及整表数据的少量记录以及字段的复制。比如,表中某一条记录或字段的数据被修改就可以使用记录级数据恢复技术。

3. 实现表一级数据同步

在Oracle中,表也是作为一种对象进行处理的。数据字典,也就是系统表,用来定义用户表以及系统表本身。因此,对用户表的添加、修改或删除其实也就是对系统表中的记录进行插入、更新和删除。通过日志解析可以得到修改表的SCN(System Change Number),可以方便的同步修改。

4. 实现异构表间的数据同步

异构表同步存在两种情况:一种是两个需要同步的表本身存在少数字段名不

一致；另外一种就是两张表字段完全一致，不过只需要同步里面的几个字段。要解决异构表的同步，需要对日志进行解析并按实际需要重构目标端需要运行的SQL语句。日志解析技术可以很好的支持这种需求。

日志解析技术也有其固有的缺陷，这主要表现在：

1. 日志内部数据结构未对外界公开

Oracle数据库有一重要特性是使用Redo Log文件来实现事务和数据库的恢复，通过Redo Log文件维护数据库数据和事务一致性，REDO LOG记录了数据库事务和物理操作的所有信息，不管用户以何种方式登录，所有的增、删、改操作都会登录在REDO LOG中。如果能够分析出REDO LOG，就能跟踪数据库的所有变化，对数据库操作进行监控，因此必须清楚了解REDO LOG的文件格式和REDO LOG的操作机制。由于Oracle公司没有公开Redo Log的技术细节，这就必须要对Redo Log二进制文件进行分析^[4]。

2. 空间数据信息不方便解析

Oracle Spatial占据着空间数据库的绝大部分市场，在地理信息系统、地图系统、工程CAD系统等大型系统中得到广泛的应用^[5]。空间数据对象在Oracle中保存在Spatial对象模型里，在日志文件中该对象模型体现为一个带变长数组的结构体，该结构体的内部逻辑，Oracle公司没有对外公开细节。这也导致了空间数据的日志解析难度很大。

3. 数据库修改量大的时候，同步的时间较长

Oracle Redo Log 日志机制保存所有数据库事务的日志，记录正常操作时对数据库所做的修改，这些事务被记录在联机重做日志文件中。这也造成如果源数据库修改量巨大的情况下，Redo Log 日志会非常庞大，解析时间会很长。

本文研究的是基于 Oracle 数据库的日志解析来实现远程数据同步的方法。这种方法基本解决了传统数据同步方法所不能解决的数据局部同步问题以及异构数据库同步问题。来自 BZ Research 2007 年数据库整合和统计报告提供的数据，Oracle 数据库在 2007 年的市场占有率为 54.5%^[6]，由于 Oracle 数据库的市场占有率高以及其可靠性高的特点，该研究具有较广的应用价值。

1.2 问题的提出及本文主要贡献

1.2.1 问题的提出

由于计算机系统趋于区域化,应用数据环境趋于分布化,数据库系统间的数据有效同步成为一个必须要解决的问题。在基于日志解析的 Oracle 数据库中实现高效的同步方案中还需要解决许多关键问题,主要需要研究以下关键技术问题:

1. 如何利用 LogMiner 分析 Redo 日志文件

LogMiner可以离线的跟踪数据库的变化而不会影响在线系统的性能。依赖 LogMiner可以回滚数据库特定的变化数据,避免为恢复小部分数据而恢复整个数据库。这一特性对于同步小部分数据来说同样有用。利用LogMiner分析数据库的归档日志成为获取数据库变化的关键^[7]。

2. 如何对 LogMiner 分析出的 sql 语句进行词法解析并重构语句

LogMiner 分析日志的结果可以直接导入到 Oracle 动态性能视图 v\$logmnr_contents (Oracle 内部字典表之一)中,其中包含了 LogMiner 分析得到的所有信息^[8]。由于远程同步的两个数据库可能需要同步的表有差异(例如源数据库表 1 存在 A, B, C 三个字段;目标数据库表 2 存在 A, B 两个字段,现在需要同步表 1 和表 2 的 A, B 字段)所以需要提取源端 LogMiner 分析得结果组合出目标端需要的 SQL 语句,并且需要将 SQL 语句构造成符合 OTL (一种开源的 Oracle 入库接口)入库规范的语句。SQL 语句的有效解析和构造就成为一个重要的问题。

3. 实现高效的远程数据库同步系统需要什么样的系统架构

远程数据库同步系统需要通信环境和多线程入库系统的支持。在分布式的环境中,系统架构对于系统鲁棒性和实时性影响很大。一个基于多线程的入库系统和远程通信系统是必须的。远程同步系统的控制(包括同步时间控制、同步回滚控制和表字段映射等)也是系统架构中需要考虑解决的重要问题^[9]。

1.2.2 本文主要贡献

本文重点探讨了分布式环境下数据库应用的特点以及分布式数据库应用中

需要解决的数据同步技术的问题，实现 Oracle 中基于日志解析的数据库同步方法，并根据这些分析实现了一个数据同步系统原型，提出了一种可行的分布式数据库系统中数据同步解决方案。本文的主要贡献总结如下：

1. 总结了现代数据库的几种典型数据同步方式及各种方式的优劣

现代数据库技术的发展，特别是分布式数据库的应用的深入，数据库的同步技术越显现出了他的重要性，各个数据库系统也都有自己的一套同步技术，这也促使这些数据库同步方式实现呈现了多样性。本文的总结了数据库的几种典型同步方式及各种方式的优劣。

2. 探讨了分布式环境下数据同步系统设计中的几个关键问题

分析 Oracle 数据库中的归档日志文件、解析并重构归档日志中的 SQL 语句和如何解决各种分布式系统环境中的通信及多线程问题，是开发基于日志解析的 Oracle 数据库远程数据同步系统的几个关键问题。本文采用的日志解析方法是利用 LogMiner 解析 Oracle 归档日志。解析 LogMiner 结果重构 SQL 语句是采用基于 Flex 构建可重入词法解析器的方法。本文还深入讨论了分布式环境中建立数据同步系统需要解决的控制方面及多线程入库的问题。

3. 实现了一个基于 Oracle 的数据同步原型系统并探讨了系统架构方面的问题

本文实现了一个基于 Oracle 的数据同步原型系统并探讨了系统架构方面的问题，并给出了原型系统的实验结果及分析，并根据实验结果提出系统未来的改进方案。

1.3 论文的组织结构

本论文各章的组织结构如下：

第一章为绪论部分。主要介绍了本论文的研究背景，介绍了分布式环境中数据库数据同步问题描述、研究意义和基于日志解析技术的优缺点。最后给出了本文研究的主要问题及本文的主要贡献。

第二章简单概述了分布数据库，并综述了的现代数据库远程数据同步的方法及各种方法的比较。

第三章探讨了实现数据交换系统需要解决的几个关键问题。详细介绍了

Oracle 数据库日志方面的相关特性、LogMiner 工具的用法和 Flex 对 LogMiner 解析出的 SQL 语句进行词法分析的方法。

第四章探讨了数据同步系统的设计及其实现方案,并介绍了本文实现的一种原型同步系统的设计和实现过程。

第五章在对全文进行总结的基础上,讨论了本论文工作可能的后续扩展。

厦门大学博硕士论文摘要库

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库