

多数据库系统中数据一致性维护的研究

姓名：董璐 班级：硕 3035 学号：3113034016

摘要：随着网络和信息技术的不断发展，重要的信息和数据分散在不同地理位置，从而表现出异构的信息来源和逻辑上管理的差异性。尤其是在数据库管理方面，分布的数据库数据表现出分布、自治和异构特性，需要专门的管理系统，多数据库系统应运而生，数据库系统 ACID 基本特征要在多数据库系统中继承和发扬，不可避免的便是数据一致性维护的问题，本文中简述了多数据库系统中数据一致性维护的相关背景和基本概念，重点研究了一致性维护中的相关技术，包括一致性维护控制，数据副本间的一致性维护，和异构数据的同步方法，以及增量数据更新。

关键词：多数据库系统，数据一致性维护，异构数据，增量数据更新

Abstract: With the continuous development of network and information technology, information and data scattered in different locations, thus demonstrating the heterogeneous sources of information and logic to manage differences. Especially in database management, distributed database data to show the distribution of autonomy and heterogeneous characteristics, require specialized management system, multi-database system came into being, ACID basic characteristics of the database system should inherit and carry forward the multi-database system, not to avoid the maintenance of data consistency, outlined the background and basic concepts of multi-database system to maintain data consistency, focus on the consistency maintenance related technologies, including the consistency maintenance control, data copies consistency between the maintenance and synchronization of heterogeneous data, and incremental data updates.

Keywords: Multidatabase Systems, Data consistency maintenance, Heterogeneous data, Incremental data update

1.引言

随着网络的广泛应用和信息技术的快速发展，许多重要的信息分散在不同地点，而这些分布的异构信息源在物理和逻辑上都存在很大的差异，具有已存性、分布性、自治性和异构性特征^[1]，其信息获取和集成技术是一个涉及面很广并且非常复杂的问题，需要解决很多难题^[2]。多数据库系统(Multi Database System, MDBS)就是在这种背景下被提出并迅速发展起来。MDBS 为这些存储在分布异构数据库中的数据信息提供统一视图和访问操作，而成员系统只需要做最小程度的改动，是一些预先存在的、分布的、异构的和自治的数据库系统组成的一个协作的数据库系统^[2]。

2.研究背景和意义

在信息集成领域,多数据库系统已经成为异构数据源间信息交互和集成的有效管理方法之一,其旨在减小异构数据库间的差异,给用户呈现一个访问多种数据库的公共接口,通过一个通用的数据集成与访问平台为外部应用和决策系统提供高质量的可信数据^[1]。多数据库系统作为一种被广泛使用的信息集成系统,如果其向外界提供的数据毫无质量可言,那么该系统是没有任何价值的,所以集成数据的质量问题是设计实现多数据库系统的主要关注点之一^[1, 2],目的在于提升系统在信息集成方面的应用价值,最终为用户的决策分析提供可靠保障。而数据集成系统中数据质量^[3]被定义为数据的一致性、正确性、完整性和最小性在系统中得到满足的程度。所以多数据库系统中的数据质量问题主要包括数据的正确性、数据的完整性、数据的一致性、数据的完备性、数据的有效性、数据的可获取性等方面。

多数据库系统在信息集成领域被广泛应用,特别是在电子政务、电子商务、企业信息集成、军事指挥、金融证券、办公自动化、远程教育和医疗等诸多重要领域发挥着巨大的支撑作用,而这些应用背景对系统的可用性和容灾性能有较高的要求,所以多数据库系统在实际设计和应用中往往引入了相应的容灾备份机制,而这些机制的引入也会大大增加多数据库系统中数据质量问题的复杂程度。综上,我们需要建立网络安全时间信息库系统以保持数据的一致性。

3.问题描述与分析

网络安全事件信息库实在网络安全事件监控系统上建立的。网络安全事件监控系统是在多个监控子系统的基础上构建而成的,每个监控子系统面向不同的网络进行安全事件监控,同时每一个子系统的网络安全事件信息库是异构的,所以该监控系统的网络安全事件信息集成库具有典型的分布异构特性,因此该信息集成库最终通过分布式多数据库系统的方式来实现。而由于网络安全事件数据实时性、持续性和多变性的特点,所以该多数据库系统采用物理集成和逻辑集成的混合模式,对于较为重要或者是查询频率较高的网络安全事件数据对象进行物理集成,而对于其他数据对象则进行逻辑集成。其中当系统进行第一次物理集成时,系统集成控制部件首先根据应用需求完成全局模式集成,将所有模式集成管理信息放入全局模式数据库中;同时将所有集成数据对象放入所属全局模式对应的数据库中以供全局查询。

为了提高系统对于异构数据源集成的可扩展性,全局模式管理控制部件对外提供接口,当系统需要加入新的异构数据源时,由集成控制部件通过该接口所接收到的全局模式信息按照上述过程进行集成控制。为了避免单个源数据节点失效导致整个系统无法正常运作的情况发生,从而提高系统的可用性和容灾性能,在节点配置方面通过双机备份机制实现全冗余的数据分布,即保证每个源数据节点至少有一份完全备份,并且这两个节点拥有相同的数据库管理系统,在此基础上形成了对应的节点集,所以系统中节点控制器的管理对象就不再是单个的数据源节点而是节点集。

网络安全事件信息库为整个监控系统提供安全事件数据,而其他所有的监控处理过程必须以这些数据对象作为依据,由此可见安全事件数据的质量直接决定了监控系统工作的正确性及其效率,而信息库中的数据一致性问题直接决定系

统中所有安全事件数据质量的关键因素之一。对数据一致性问题进行深入研究和讨论,其目的就在于为系统提供高质量的可信数据,进而为整个监控系统提供可靠保障。

4. 研究现状及主要方法

多数据库系统中全局数据的质量问题目前主要利用 ETL(数据抽取,转换和装载)和数据清洗这两方面的相关技术来综合解决。现阶段工业界已经设计开发出了多种 ETL 和数据清洗技术及工具,通过数据抽取、数据转换、数据清洗、数据装载过程有效地解决了大量的数据质量问题,但是对于数据一致性要求的支持还不是很完备。多数据库系统中的数据一致性问题目前尚处在研究阶段,还有许多关键技术问题有待进一步研究和探讨,下面重点介绍多数据库系统中数据一致性维护的相关研究情况。

4.1 多数据库系统一致性维护控制

由于多数据库环境中存在着全局事务和局部事务,它们必须相互协作,从而为应用程序提供满足一致性要求的数据。为了维护其一致性,多数据库系统并发控制机制应当保证全局事务的串行执行。由于全局和局部事务的共同存在,要做到这一点非常困难。在分布式环境下,2PC 协议是实现原子性的一个主要原则^[4],然而大多数原有的数据库系统并不支持这一协议。Breitbart 和 Silberschatz 对多数据库系统中的一致性维护管理方面已经提出了各种不同的方法^[5~7],它们可在不同程度上保证局部自治性。文献^[8]中提出了一种管理方法,不依赖于 LDBMS 是否支持 2PC 协议而是基于扩展事务的原理,对全局子事务和局部事务进行扩展,并为各个局部数据库引入了锁表和日志表, LDBMS 在局部数据库和控制表之上执行扩展事务,它们负责维护全局可串行性和实际事务的恢复,该方法不依赖于 LDBMS 的各种特征,较易实现。

4.2 数据副本间的一致性维护

数据副本间的一致性要求依据其时间特性通常分为同步一致和异步一致两类^[9,10]。同步一致保证各数据副本的实时一致性(又称:严格一致性),即任意时刻数据都是一致的;异步一致不要求实时一致,仅要求一定时间间隔内数据的一致(又称:松散一致性)。常用来维护副本一致性的方法有三种:事务控制法、消息队列法和复制控制法^[11]。事务控制法通常利用相关协议对事务的执行进行相应控制以达到副本的一致性要求;消息队列法利用消息及其队列这种独立于具体数据库系统之外的公用数据结构,较好地屏蔽了局部数据库的异构性,使数据一致性维护系统有较好的稳定性,良好的扩展和移植性,同时通过商业消息中间件保证了消息传输的可靠性、高效率 and 安全性,同时也缩短了系统的开发周期。数据库的复制机制是在数据库之间对数据和数据库对象进行复制和分发,并对其进行同步以确保其一致性的一组技术^[10]。根据复制类型的不同,基本的复制方法通常分为三种^[12]:第一种是快照复制方法,完全按照数据和数据库对象的状态对其进行复制和分发,是一种被动的,资源消耗较为严重的控制方式。第二种是事务复制方法,将数据的初始快照传播到订阅节点(副节点),当发布节点(主

节点)上发生数据修改时,捕获个别的更新事务传播到订阅节点并在该节点上重做该事务。第三种是合并复制方法,使各站点得以自主工作(联机或脱机),并且过一段时间后将多个站点上的数据修改合并为一个统一的结果。

4.3 异构数据同步方法的研究现状

集成数据的质量是整个系统的关键点,而保证源数据和目标数据库的数据同步则是保证数据质量的前提,特别是在目前分布式异步数据集成的环境下,减少数据传输过程中的冗余量,实现数据同步的高效性和增量报送成为数据同步的目标。J.Hammer 教授讨论了数据同步的两种可能方法:如果数据源是功能完备的数据库系统,则可以通过定义一组触发器,或者通过读取日志的方式来检测分析数据源的变化实现数据同步。该方法的可行性及实现依赖于具体的数据源类型,比如文本型数据源就不支持日志或触发器机制。而对于任意类型的数据源,都可以采用基于快照差分的方法实现数据同步:每隔一定时期重新生成基表的快照,同上一轮的旧快照作差分计算,得到反映基表自上次到本次生成快照以来变化的增量数据。增量数据中可以只包含数据源中被删除或插入的元组^[13]。W.J.Labio 综述了可应用于快照差分的算法^[14],包括几种常用算法:Sort Merge 算法、PartitioHash 算法、Window 算法,和一类新提出的基于压缩策略的算法,并对所有这些算法作了详尽的分析。

4.4 增量数据更新

在增量数据更新方面,目前有五种技术可以达到数据增量更新的要求。第一种方法是扫描已经打上时间戳的数据,当一个应用对记录的最后一次修改打上时间戳时,扫描程序就根据时间戳得到增量数据,但必须原业务系统存在时间戳字段;第二种方法是扫描增量文件,增量文件仅记录应用中所发生的变化,有了增量文件,扫描的过程就会高效,增量文件的生成可以改造应用来完成,如触发器;第三种方法就是扫描日志文件或审计文件,但必须使用某种技术手段作为日志文件内容输出的接口,常见的使用 Sybase 的工具 RepliacionServer 来识别;第四种方法就是修改以往的应用程序代码,使这些程序能够数据集成;第五种方法就是将前后两个快照文件进行比对。

5. 结论与分析

综上所述,数据一致性问题是影响多数据库数据质量的关键因素之一。当前,国内外现有的多数据库集成系统大多数存在个案针对性较强,缺乏普遍的适用性,所以其数据一致性维护管理也缺乏通用的体系结构和技术支撑,数据的正确性与一致性存在一定的缺陷^[15]。大多数的数据一致性维护管理产品主要是数据库提供商基于自己公司的数据库产品开发出来的,虽然有较高的维护效率,但是对于异构的数据源就缺乏很好的处理方法;此外,不同的集成策略也会导致不同的数据一致性问题。多数据库集成系统中数据一致性问题目前尚处在研究阶段,还有许多关键技术问题有待进一步研究和探讨。

参考文献

- [1]Hasselbring W.Information System Integration[J].Communications of the ACM,2000,43(6):33~38.
- [2]李瑞轩, 卢正鼎.数据库系统原理与技术.北京: 电子工业出版社, 2006.[3]Aebi D,Perrochon L.Towards improving data quality[C].Proceedings of theInternational Conference on Information Systems and Management of Data,Delhi,1993:273~281.
- [4]韩伟红, 贾焰, 王志英, 杨晓东.多数据库系统中的关键技术[J].计算机工程与科学, 1999,21(6):49~52.
- [5]Breitbart Y,ilberschatz A.Multidatabase update issues[C].Proceedings of the2006 ACM SIGMOD Int'l Conf on Management of Data,Chicago,Illinois,ACMPress,2006:135~142.
- [6]Georgakopoulos D,Rusinkiewicz M,Sheth A.Using ticket to enforce the serializability of multidatabase transactions[J].IEEE Trans on Knowledge and Data,1994,6(1):166~180.
- [7]Wolski A,Vejjalainen J.2PC agent method:Achieving serializability in presence of failures in a heterogeneous multidatabase[M].IEEE Computer Society Press,1997:268~287.
- [8]卢正鼎, 杨玉萍, 李长磊, 肖卫军.多数据库系统中的一致性维护[J].计算机研究与发展, 2001,38(2):158~162.
- [9]Ahmed,Smed R.The Pegasus heterogeneous multidatabase system[J]. Computer, 1991,24(12):132~141.
- [10]习新魁, 张斌, 郑怀远.基于客户/服务器模型的分布式数据库中复制字典技术的设计与实现[C].第13届全国数据库学术会议论文集, 1994:206~210.
- [11]MQ Series Application Programming Guide. IBM Corp.
- [12]陈珉, 喻丹丹, 涂国庆.分布式数据库系统中数据一致性维护方法研究[J]. 国防科技大学学报, 2002,24(3):76~80.
- [13]Hammer J,Garcia-Molina H,Widom J.The Stanford Data Warehouse Project[C].IEEE Data Engineering Bulletin,1995:23~34.
- [14]Labio W J,Garcia-Molina H.Efficient Snapshot Differential Algorithms for Data Warehousing[C].In Proceedings of VLDB Conference,Bombay,India,September,1996:63~74.
- [15]吴婷婷, 贾焰.多库中并发控制的研究和实现[J].计算机工程与科学,2001,23(3):512~524.