

网格环境下的数据库系统

汪锦岭 金蓓弘 李 京

(中国科学院软件研究所软件工程中心 北京 100080)

摘 要 目前网格上的各类应用系统几乎都是使用文件来保存数据,因此人们对如何将数据库系统集成入网格这个问题研究甚少。如果网格要在将来支持更大范围的应用系统,那么必须要解决将数据库系统集成入网格这个问题。本文在分析网格环境对数据库系统的需求的基础上,总结了将数据库系统集成入网格的两种方法,并分别对它们做出评价。

关键词 网格,数据库系统,需求,集成

The Database System in the Grid Environment

WANG Jin-Ling JIN Pei-Hong LI Jing

(Technology Center of Software Engineering, Institute of Software, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080 China)

Abstract Until now, almost all of the Grid applications use files to store data, so little has been done on the integration of database systems into the Grid. If the Grid is to support a wide range of applications, we must solve the problem of integrating database systems into the Grid. This paper firstly examines the requirement of the Grid environment to database systems, and then summarizes two methods to integrate database systems into the Grid. Finally, we give a short evaluation on these two methods.

Keywords Grid, Database system, Requirement, Integration

1 引言

网格作为一种主要用于高级科学和工程领域的分布式计算结构,自 20 世纪 90 年代中期出现以后,便引起人们广泛的研究兴趣。迄今为止,网格上的各类应用系统几乎都是使用文件而非数据库系统来保存数据,因此,关于数据网格的研究主要集中在文件的处理和服务方面,如文件复制、文件传输、元数据管理等,而对如何将数据库系统集成入网格这个问题所做的研究则甚少。但数据库系统在数据的存储、组织、访问、权限控制等多方面都比文件系统占优势,如果网格要支持更大范围的应用系统(包括科学、工程、商业等各个领域),那么必须要解决将数据库系统集成入网格这个问题。

与文件系统不同,数据库系统提供了非常丰富的操作,而且不同数据库管理系统之间的差异也远比不同文件系统之间的差异大。因此,仅仅对现在的面向文件的数据网格服务加以扩充,是无法将数据库系统集成入网格的。有鉴于此,本文在分析网格环境对数据库系统的需求的基础上,提出了两种将数据库系统集成入网格的方法,并分别对它们做出评价。

2 网格环境对数据库系统的基本需求

网格是一种用来支持大规模信息共享的分布式计算结构。这种环境所具有的新特性,必然对数据库系统提出一系列新的需求。通过分析已有的数据网格项目,并综合 Paul Watson, Malcolm P Atkinson 等人的研究成果^[1,2],我们认为

汪锦岭 博士研究生,研究方向为分布式计算。金蓓弘 博士,副研究员,研究方向为面向对象数据库、分布式计算。李 京 博士,研究员,博士生导师,研究方向为软件工程、分布式计算。

工作给予了悉心指导,程学旗博士对本文的完成提供了很多支持和帮助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- Voorhees E, Harman D. Overview of the Ninth Text REtrieval Conference (TREC-9). In: The Ninth Text REtrieval Conf. (TREC-9), 2001
- van Rijsbergen C J. A new Theoretical Framework for Information Retrieval. In: Proc. of the Ninth Intl. ACM SIGIR Conf. on Research and Development in Information Retrieval, 1986. 194~200
- Bruza P D, Huibers T W C. A study of aboutness in information retrieval. Artificial Intelligence Review, 1996, 10: 1~27
- Wong K F, Song D W, Bruza P D, Cheng C H. Application of aboutness to functional benchmarking in information retrieval. In revision for ACM Transactions on Information Systems. 1998
- Huibers T W C, Lalmas M, van Rijsbergen C J. Information retrieval and situation theory. SIGIR Forum, 1996, 30(1): 11~25
- Song D W, Wong K F, Bruza P D, Cheng C H. Fundamental properties of the core matching functions for information retrieval. In: Proc. of the 13th Intl. Florida Artificial Intelligence Society Conf. (FLAIRS' 2000), Orlando, Florida, USA, May 2000
- Bruza P D, Huibers T W C. How nonmonotonic is aboutness?: [Technical Report UU-CS-1995-09], Department of Computer Science, Utrecht University, The Netherlands, March 1995
- Maron M E. On indexing, retrieval and the meaning of about. Journal of the American Society for Information Science, 1977, 28: 38~43
- van Rijsbergen C R. A non-classical logic for information retrieval. The Computer Journal, 1986, 29(6): 481~485
- Song D W, Wong K F, Bruza P D, Cheng C H. Towards functional benchmarking of information retrieval models. In: Proc. of 12th Intl. Florida Artificial Intelligence Conf. 1999. 389~393

网格环境对数据库系统的需求主要有:

1. 网格环境下的数据库系统应提供一个标准的访问接口,以便于同一个应用程序可以连接和访问不同的数据库。网格应用系统对数据库系统的访问一般是一种元数据驱动的、两步骤式的访问:第一步,应用系统进行元数据搜索,以找到保存了所需数据的数据库;第二步,应用系统对上述数据库中的数据进行访问。这种访问方式意味着,应用系统在开发时并不需要知道它将要访问的具体数据库的种类及位置。因此,为实现应用程序的跨数据库可移植性,就要求各数据库系统应提供一个标准的访问接口。

2. 在安全认证和权限控制方面,数据库系统应能和网格上的其他节点一样,使用统一的网络安全协议(如 GSI, Grid Security Infrastructure, 网络安全基础结构),并且,该协议应能支持一站式登录、身份代理等机制,以避免应用系统在连接每个数据库时都要提供相应的用户名和口令。

3. 某些网格环境对数据库系统的处理能力可能有着极高的要求。网格上数据库系统可能存储着海量的数据信息,很多网格应用系统都需要从中检索一个数据子集,然后对其进行进一步处理;这种查询请求往往非常复杂,同时却又要求有较短的响应时间。此外,有的数据库可能同时被网格上的大量的客户所访问,这要求数据库有很高的并发处理能力。

4. 数据库的所有者可能要根据所提供的服务质量以及用户对资源的使用情况等因素,向用户收取一定的费用。因此,数据库系统应当为网格上正在或将要出现的各种记账和收费模式提供必要的信息。它应当能监控其服务质量及各用户对资源的使用情况等,并与用户的要求进行比较,据此进行记账并对用户收费。

5. 不同的用户对数据库系统有着不同的服务质量要求,因此需要有相应的机制,以便为特定的任务分配足够的资源(如磁盘、CPU、内存、网络等)。这就要求数据库系统能提供相应的资源管理和调度接口。一方面,网格上的数据库系统应能支持在不同的任务之间的资源调度;另一方面,它还应能和网格上的其它资源在一起进行协同调度,以高效地利用各种网格资源,保证重要任务的处理效率。例如,可以对数据库系统、超级计算机和连接它们的网络进行协同调度,这样,当数据库系统产生出结果集时,连接它们的网络已准备好足够的带宽,以便将结果集传送到超级计算机;同时,超级计算机也准备好了足够的资源,以便对该结果集进行分析处理。

目前,人们对网格的研究还处于初期阶段,相关的理论和技术的都远未成熟,上述需求主要来源于对已有数据网络的探讨和总结,随着研究的深入,网格环境对数据库系统的需求将不断地被完善和细化。

3 将数据库系统集成入网格的方式

目前,现有的各类数据库管理系统都无法直接满足网格的数据需求。为了将现有的数据库集成入网格,可以对它们进行外部包装,加入与网格有关的功能和特性,从而满足网格环境对数据库系统的需求。

将数据库系统集成入网格的方式可以有如下两种:

1. 基于 JDBC/ODBC 的中间件方式,即以 JDBC/ODBC 为基础,增加对网格环境的支持;

2. 基于网格服务框架的网格数据库服务方式,即以正在出现的网格服务框架为基础,将数据库系统作为其中的一部分。

下面对这两种方式分别进行讨论。

3.1 基于 JDBC/ODBC 的中间件方式

JDBC、ODBC 是两种目前最常用的开放式编程接口,它提供了几乎所有关系数据库系统都能提供的一些核心功能,并能满足大多数应用系统访问数据库的绝大多数需求。利用 JDBC/ODBC,能够较好地实现跨数据库的可移植性。鉴于 JDBC/ODBC 是目前应用系统访问数据库的主流方式,用以 JDBC/ODBC 为基础的中间件实现网格与数据库的集成,是一个比较现实可行的作法。

考虑到网格环境对数据库的要求,以 JDBC/ODBC 为基础的中间件应该具备下列功能:

(1)应能和网络安全协议 GSI 集成在一起,利用 GSI 的一站式登录和权限代理机制,避免应用程序在连接每个数据库时都要提供相应的用户名和口令。

(2)当 JDBC/ODBC 产生的结果集很大时,可以使用 GridFTP 协议来优化数据传输,即将数据查询的结果存放到一个文件中,通过 GridFTP 将其传送到客户端,以提高数据传输的效率。

(3)当结果集很大,且需要对结果集中的每个元素都进行复杂计算时,可以采用流式传输的方式将查询结果实时地从数据库传送到计算服务器上,而不必等到所有结果都产生以后,再将其保存成文件一次性地拷贝到客户端。

(4)该中间件应能利用线程池、连接池、Cache 等各种技术,提高数据访问的性能和可伸缩性,以满足网格环境对数据访问的可伸缩性的要求。

隶属欧洲数据网格项目的 Spitfire 项目^[3,4]就是采用这种方式来实现网格与数据库集成的。其核心思想是,在客户和 RDBMS 之间插入一个面向网格的中间件服务,该服务作为数据库系统的前端支持网格应用系统对数据库的访问,同时,该服务在后端通过 JDBC 来连接关系数据库系统。Spitfire 的体系结构如图 1 所示。

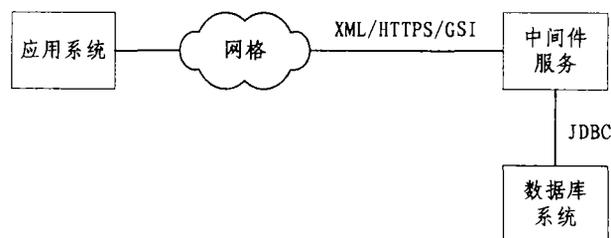


图 1 Spitfire 项目的体系结构

客户、中间件服务和 RDBMS 可以在同一台机器上运行,也可以分布在 LAN 或 WAN 中的不同机器上。客户和中间件服务之间采用 HTTPS+GSI 协议进行通信,数据传输的格式采用 Canonical XML 形式。中间件服务采用 Java Servlet 实现;它接受来自客户端的 XML 格式的请求,并将其转变 JDBC 调用后发送到后端的关系数据库系统,然后再以同样的方法将数据库返回的结果转变为 XML 文档,并传回客户端。

这种方式的优点在于,JDBC/ODBC 技术较为成熟,支持广泛,利用它们来实现数据库与网格集成的成本较低,而且在多数情况下能够满足网格对数据库的需求。缺点在于,JDBC/ODBC 只能支持有限种核心的操作,不能支持各数据库所提供的各种专用操作。当应用系统必须使用这些专用操作时,就要使用相应的数据库所提供的专用接口。这就破坏了应用系

统的跨数据库可移植性,而这种可移植性正是网格上的元数据驱动的数据访问所要求的。

3.2 基于网格服务框架的网格数据库服务方式

近年来,人们对网格的体系结构进行了大量的研究,其中较有影响的是 Ian Foster 等提出的网格服务框架^[5,6]。在这个框架中,网格上的各种实体(计算系统、数据库、网络连接等)都被抽象为“资源”,其表现形式是一系列服务的集合。该网格服务框架将网格系统从逻辑上划分为五个层次,如图 2 所示。

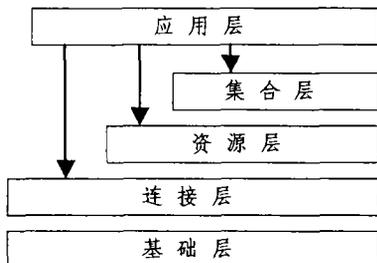


图 2 Ian Foster 等提出的网格服务框架

其中,各层次的定义如下:

◇基础层:提供对具体资源的本地操作接口,供上层的共享操作调用

◇连接层:实现网格实体之间方便、安全的通信

◇资源层:提供对单个资源的各种共享操作,供网格上的各实体调用

◇集合层:提供多个资源之间的协同服务

◇应用层:是网格上的各类应用系统

根据上述网格服务框架,网格中的数据库系统将是一个遵循统一的网格协议、提供一系列网格服务的资源节点。网格数据库服务的集成方式如图 3 所示。

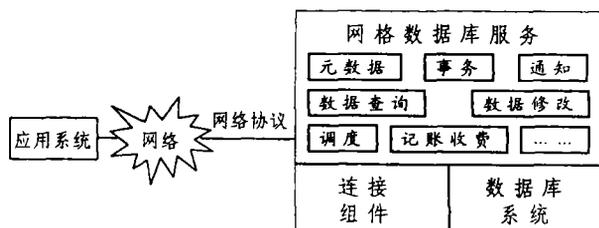


图 3 基于网格服务框架的集成方式

图 3 中,连接组件用于支持网格上的各种通信和安全协议;数据库系统提供对数据库的各种本地操作接口,供上层的网格数据库服务使用;网格数据库服务定义了数据库系统可以向网格上的其它实体提供的各种操作的接口,它通过调用连接组件和数据库系统所提供的功能,以网格服务的形式提供相关的数据库服务。

主要的网格数据库服务种类包括:

◇元数据服务:用于提供该数据库系统的元数据及其所支持的各种网格服务的信息。

◇数据查询和修改服务:根据该数据库系统所能支持的查询语言,对数据库系统进行相应的查询和修改操作。查询和修改服务中应提供一个操作,用于获得执行某条查询或修改命令的估计成本,以便为调度服务提供决策信息。

◇事务服务:包括只涉及一个数据库的本地事务服务以及涉及多个数据库的分布式事务服务。

◇通知服务:某些应用系统可能对某一数据集感兴趣,并

希望在这个数据集发生变化能及时得到通知,以采取相应的行动。

◇调度服务:用于对数据库系统的资源使用情况进行调度。

◇记账和收费服务:为网格上正在或将要出现的各种记账和收费模式提供必要的信息。

基于网格服务框架的网格数据库服务的优点有:

(1)网格服务框架在对网格的各方面需求和特性进行充分考虑的基础上,将数据库系统放入该框架中,作为其中的一个节点,从而很好地实现数据库对网格环境的支持。

(2)元数据服务用于提供该数据库系统所支持的各种网格服务的信息。当应用系统连接到某一数据库时,首先访问其元数据服务,获得它所支持的各项操作的列表,然后根据各项操作的语义,决定应当使用的操作。这种方式有效地解决了在 JDBC/ODBC 方式下无法对所有操作进行标准化的问题。

基于网格服务框架方式的缺点在于,目前网格服务框架还处于理论探讨阶段,尚未完善,因此,该方式很难在近期内得以使用。

以上两种方式都是通过对数据库系统进行外部包装来实现对网格环境的支持,而未涉及到对数据库系统自身的改动。我们认识到,对于网格环境下的某些需求(如资源调度等),目前各数据库管理系统都没有提供相关的本地接口,而它们又无法通过外部包装的方式来实现,因此它们在目前是无法实现的。但是,随着网格技术的成熟和其商业价值的不断提高,数据库厂商将最终会在其产品中提供对相关接口的支持。

结束语 目前,人们对网格的研究尚处初期阶段。网格要成为一种通用的平台,支持科学、工程和商业等各种领域的应用系统,就必须解决将数据库系统集成入网格这个问题。本文在分析网格环境对数据库系统的基本需求的基础上,提出了将数据库系统集成入网格的两种方法。总结这两种方法的优缺点,我们认为,基于 JDBC/ODBC 的中间件在近期内是一个切实可行的选择,但从长期来看,基于成熟的网格服务框架构造网格数据库服务将是必由之路。

参考文献

- 1 Watson P. Databases and the Grid: [Technical Report CS-TR-755]. University of Newcastle, 2001
- 2 Pearson D. Grid Database Requirements. <http://www.cs.man.ac.uk/grid-db/>, Paper for Databases and the Grid BOF, GGF4, 2002
- 3 Hoschek W, McCance G. Grid Enabled Relational Database Middleware. Global Grid Forum, Frascati, Italy. 2001
- 4 Hoschek W, et al. Data management (wp2) architecture report; [Technical Report DataGrid-02-D2. 2-0103-1 2]. European Data Grid, 2001
- 5 Foster I, Kesselman C, Tuecke S. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. International Journal of High Performance Computing Applications, 2001, 15(3): 200~222
- 6 Foster I, Kesselman C, Nick J, Tuecke S. Open Grid Services Architecture: Distributed Systems Integration; [Technical Report, Globus Project Technical Report]. <http://www.globus.org/research/papers/ogsa.pdf>, 2002
- 7 Paton N W, Atkinson M P, Dialani V, Pearson D, Storey T, Watson P. Database Access and Integration Services on the Grid: [Technical Report UkeS-2002-3]. UK National e-Science Centre, 2002
- 8 Tuecke S, Czajkowski K, Foster I, Frey J, Graham S, Kesselman C. Grid Service Specification, Draft 3. <http://www.gridforum.org/ogsi-wg>, 2002