

网格数据库管理模型与策略

史 隆 都志辉

(清华大学计算机科学系 北京 100084)

摘 要 越来越多的网格应用需要管理大容量和广域分布的数据。开放网格服务体系结构中的网格服务提供了动态创建、管理和在网格服务中交换的一致接口。本文探讨了以 OGSA 网格服务管理网格数据库的模型,网格数据库服务提供支持数据访问的控制和发现、执行数据管理的操作,实现数据资源的虚拟化,通过网格实现现有数据库的访问与集成。同时讨论了相关的优化策略。

关键词 网格数据库服务,开放网格体系结构,数据网格

Grid Database Management Model and Strategy

SHI Long DU Zhi-Hui

(Department of Computer Science, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract An increasing number of grid applications manage data at very large scale, of both size and distribution. OGSA defines Grid Services with consistent interfaces for creating, managing and exchanging information among Grid Services dynamically. This paper explores the model of managing grid databases with OGSA Grid Service. Grid database service provides in supporting discovery of and controlled access to data, in performing data manipulation operations, and in virtualising data resources. It implements access and integration of data from existing databases via the Grid. It also discusses the relevant performance tuning strategy.

Keywords Grid database service, OGSA, Data grid

1 前言

誉为互联网第三次浪潮的网格技术^[1,2]正从科学计算领域推向广阔的工业领域,在企业资源管理、供应链管理、客户关系管理、企业知识管理、电子商务、电子政务等应用领域的这些信息管理系统,其核心是数据库。网格按应用可分为计算网格、数据网格、科学网格、知识网格等,数据库是数据网格的重要部分,网格数据库通过现有数据库的网格化,以供客户持续的、可靠的、高性能低价格的网格数据库服务。对于高负载的大数据应用,应用网格数据库服务,综合利用网格中的数据库资源,通过资源共享和分布计算,实现负载平衡,将作业分配到多台数据库服务器上执行,提高性能。对于小数据库应用,不再需要配置数据库服务器,加入网格虚拟组织,并从中申请网格数据库服务即可,得到更高的性价比,使用更加便捷。本文阐述了网格数据库与网格的关系,如何管理网格数据库,创建网格数据库服务,网格数据库复制以及服务质量策略。

网格是一个集成的计算与资源环境,试图汇聚分布于网络上的各种高性能计算、服务器、PC、仪器设备、软件、知识等资源,在动态的、包含多个机构的虚拟组织中,协同资源共享和问题解决。网格所协调的资源 and 用户一般不是中央控制的,往往存在于多个控制域,为了在这样一种松散耦合的结构中

控制和管理各种资源,需要使用标准的、开放的和通用的协议和接口来解决诸如认证、授权、资源发现和资源访问这些基本问题,网格作为一种新的计算基础设施,向虚拟组织中的大量用户提供服务,它必须能提供高质量的服务,这种服务基础设施必须是可靠的、易于访问的、可伸缩的、安全的并且价格低廉。

网格体系结构可从两个角度来描述。一个是以协议为中心的五层沙漏结构^[1],另一个是以服务为中心的开放网格体系结构(Open Grid Service Architecture, OGSA)^[1,2]。

五层沙漏结构从底层开始分别为构造层、连接层、资源层、汇聚层和应用层。对网格数据库而言,构造层包括数据库系统(计算机、存储系统、数据库管理软件,作为一个整体来考虑)资源、软件资源、网络资源、目录资源、工具包。连接层有通信协议、安全认证 GSI、统一的基于 PKI 的认证、授权、消息保护机制、工具包。连接层有通信协议、安全认证 GSI、统一的基于 PKI 的认证、授权、消息保护机制、单点登录、委托代理、身份映射等。资源层包含信息协议(资源的结构和状态信息;数据库系统的配置、负载、使用策略,配置包括数据库的类型、性能,如关系型,XML, LOTP, LOAP, 性能测试值 TPC-C、TPC-H, TPC-R 等,数据库最大容量)、管理协议(磋商对资源的访问,分配、预留和监视、控制)。汇聚层提供协同分配、调度及代理服务、数据库复制服务、监视和诊断、故障恢复服务、元

* 本项目受清华大学基础研究基金、华为基金以及 IBM 基金的资助。史 隆 硕士研究生,主要研究方向为数据网格、网格数据库、PKI 和 J2EE 等。都志辉 副教授,主要研究方向为网格计算与集群式计算。

- 7 Maedche A, Motik B, Stojanovic L, Studer R, Volz R. Managing Multiple Ontologies and Ontology Evolution in Ontologging. In: Proc. of the Conf. on Intelligent Information Processing, World Computer Congress 2002, Montreal, Canada, Kluwer Academic Publishers, Sep. 2002
- 8 Noy N F, Klein M. Ontology Evolution: Not the same as schema evolution. Knowledge and Information Systems, 5. in press, Jan. 2003

- 9 Noy N F, Musen M A. PromptDiff: A Fixed-Point Algorithm for Comparing Ontology Versions. In: The Eighteenth National Conf. Artificial Intelligence (AAAI-02), Edmonton, Alberta, Aug. 2002
- 10 Doan A, et al. Learning to map between ontologies on the Semantic web[A]. WWW2002, May 2002

目录服务等。应用层则通过 API/SDK 访问汇聚层和资源层的服务,调用网格数据库服务执行或查询、报表、数据抽取、装载等。

OGSA 体现了网格从科学协同计算向商业计算扩展的需求,它建立于 Globus 工具包(Globus Toolkit 3.0)和 Web 服务(Web Service)两个技术之上。OGSA 定义了网格服务(Grid Service),它是一种提供一系列遵守特定规则的明确定义的接口的 Web 服务,这些接口提供服务发现、动态服务创建、生命期管理、通知和易管理性,这些规则包括命名和易升级性。OGSA 定义了一些标准接口,接口在 WDSL 中称为端口类型(portType),端口类型有:

端口类型	主要操作	描述
GridService	FindServiceData	查询各种关于网格服务实例的信息,包括基本的内省信息、更丰富的每个接口的信息以及特定服务的信息
	SetTerminationTime	设置网格服务实例的终止时间
	Destroy	终止服务实例
Notification Source	Subscribe ToNotificationTopic	根据消息类型和兴趣声明,订阅服务相关事件的通知。允许经第三方消息服务传递
NotificationSink	DeliverNotification	执行通知消息的异步传递
Registry	RegisterService	引导网格服务句柄的软状态注册
	UnregisterService	撤销网格服务句柄的注册
Factory	CreateService	创建新的网格服务实例
HandleMap	FindByHandle	返回当前与提供的网格服务句柄相关联的网格服务引用

本文所探讨的网格数据库管理基于 OGSA 模型,通过对现行数据库的网格化,双网格数据库服务的方式,建立高性能的、可靠的、可伸缩的、安全的、易于访问的网格数据库管理模式。

2 管理模型

众多的数据库系统吸纳到网格中,它们将作为一个整体为用户提供服务,用户不必关心数据库的具体产品,只要通过标准的接口调用来处理各自的信息,这个服务就称为网格数据库服务。网格数据库服务相关的端口类型包括:

- 网格数据服务 GridDataService:提供访问数据库服务的功能

- 网格数据传输服务 GridDataTransport:提供在网络资源间交流结果的功能。在网格数据库服务的上下文中,它用来支持查询结果的传递和语句输入的灵活接收

- 网格数据服务注册器 Grid Data Service Registry

- 网格数据服务工厂 Grid Data Service Factory

网格数据库服务包含了注册、创建、使用和注销等过程。

2.1 网格服务注册 GDSR

网格服务注册提供网格数据服务、网格数据服务工厂的专门的注册服务,属于 GRIS 的一个接口中。服务只有经过注

册,才能在网格中提供服务。客户程序通过查询 GDSR,可发现提供特定服务、或功能、或数据源的 GDSF,GDS。一个 GDSR 可为多个客户所共享,GDSR 服务是持久化的服务。和 GRIS 一样,一个网格中可以存在多个 GDSR,一个 GDS 或一个 GDSF 也可存在于多个 GDSR 中。

GDS,GDSF 在 GDSR 中的注册的方法是多样的,有:

- GDSF 创建时,同时将自己注册到 GDSR 中
- GDSF 创建 GDS 时,注册创建的 GDS
- GDS 创建时也可注册自己
- 客户程序可主动注册一个 GDSF
- 客户程序可主动注册一个 GDS

同样,GDS,GDSF 在 GDSR 中注销的方法也有多种:

- GDSF 可注销自己
- GDS 可注销自己
- 客户程序可注销 GDSF
- 客户程序可注销 GDS

网格数据库服务的创建过程:客户向 GDSR 查询要求查找一个 GDSF 可实例化产生一个满足需要的 GDS,三个可能的结果:(1)没有适合的注册 GDSR。(2)一个合适的 GDSF:客户即可联系此 GDSF 来创建满足要求的 GDS。(3)多个合适的注册 GDSF:根据一些选择标准确定一个 GDSF,联系这个 GDSF 来创建满足要求的 GDS。

网格数据库服务的发现过程:一个客户程序向 GDSR 请求查找一个符合其需求的 GDS,产生三种可能结果:(1)没有合适的注册 GDS:再次向 GDSR 查询,确定一些 GDSF 以实例化产生一个 GDS 满足其需要。(2)一个合适的注册 GDS:客户程序可联系此 GDS。(3)多个合适的 GDS:根据既定的选择准则,确定一个 GDS,然后客户程序再联系这个 GDS。

2.2 网格数据服务工厂 GDSF

GDSF 是建新的网格数据库服务的专业工厂服务,是一种持久化的服务,允许客户访问它的状态信息和它可创建的网格服务的信息。GDSF 包含至少一个数据资源(DataResource),它是 GDS 所要访问的对象。每个数据资源的信息描述包括:数据库的类型、驱动程序、支持的语言(SQL,XPath,XUPdate)、数据库管理系统的厂商、产品名称和版本、URI 和端口、服务器的 CPU 和内存配置、角色映射(将网络安全系统 GSI 的用户凭据映射为数据库用户名)、数据库的容量、数据库的性能指标(包括 TPC-C,TPC-W,TPC-R,TPC-H)等。这些信息描述将为网格数据服务创建、选择和应用时提供充分的信息。

GDSF 中的不同数据资源之间可建立复制,建立复制关系的数据资源则可提供相同的网格数据服务,从而向客户提供的网格数据服务处理能力倍增,实现负载均衡,也提高网格数据服务的可靠性。

GDSF 可由同种数据库资源组成,也可由异构数据库资源组成。

2.3 网格数据服务 GDS

GDS 负责数据查询、数据操作、事务处理和数据传输。GDS 可与数据传输服务 GDT 结合,进行大量数据的装入、导出以及在不同数据资源间的转换和传输。当从 GDSF 中创建一个 GDS 时,它和某一个数据资源建立了数据库连接,与 JDBC 连接相同,数据资源管理着一个连接池。

GDS 执行文档是一种 XML 文档。客户程序向 GDS 服务端口发送请求 XML 文档,GDS 执行后返回响应 XML 文档。下面是执行文档的例子:

```
<gridDataServicePerform xmlns="http://ogsadai.org.uk/schemas/
```

```

gds">
<request name="requestsynch">
  <documentation>
    Select with data delivered with the response-request stored
  </documentation>
  <sqlQueryStatement name="statement">
    <dataResource>SQLQueryStatementResource</dataResource>
    <expression>
      select * from publishedbook where id=10
    </expression>
    <webRowSetStream name="statementresult"/>
  </sqlQueryStatement>
  <deliverToResponse name="dl">
    <fromLocal from="statementresult">
      </deliverToResponse>
    </fromLocal>
  </deliverToResponse>
</request>
<execute name=" executerequestsynch " requestName = "
requestsynch"/>
</gridDataServicePerform>

```

执行文档中的 JDBC 语句包括 sqlQueryStatement, sqlUpdateStatement, sqlStoredProcedure, relationalResourceManagement. XML: DB 语句包括 xmlCollectionManagement, xmlResourceManagement, xPathStatement, xUpdateStatement.

下面是一个 GDS 完整操作示例图:

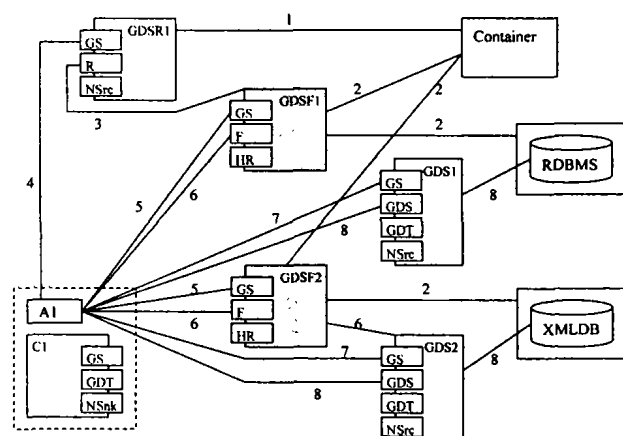


图1 网络数据服务实例

- (1) 网络服务容器创建永久的 GDSR1
- (2) 网络服务容器创建永久的 GDSF1, GDSF2. 建立时, 这两个 GDSF 配置成代表一些特定的数据资源
- (3) GDSF1 到 GDSR1 注册自己
- (4) 分析者 A1 在 GDSR1 中搜索能创建所需数据资源的 GDS 的 GDSF
- (5) A1 能查询 GDSR 返回的 GDSF 的服务数据
- (6) 分析者要求创建 GDS
- (7) 分析者查询 GDS 的服务数据以知道它的能力
- (8) 分析者可向 GDS 提交执行文档, 请求运行并传递结果

2.4 网络数据传输 GDT

网络数据传输服务 GDT 用于从 GDS 接收数据或向 GDS 发送数据。使用 GDT 端口的一般策略是首先在一个 GDS 执行文档中详细指明查询内容, 然后提出传送一个或多个请求, 将数据发送到一个或多个第三方数据资源。这种传递方式同样也适用于数据更新。GDT 可用于在多个 GDS 之间传输大容量的数据, 在不同的数据资源之间转换数据格式。

2.5 数据库复制

网络数据库之间的复制可用来实现负载均衡、提高系统可靠性。网络数据库之间的复制往往是多数据库之间、异构数据库之间。数据库的复制从一个联机事务处理数据库复制到多个分析处理数据库, 先在 OLTP 数据库定义抓取规则, 将

数据管理、数据定义的语句捕获下来, 以事务形式传递到中间缓存, 这个中间缓存称之为待命集结区, 可用消息中间件实现, 其他关联数据库从待命集结区提取事务信息, 并更新自己的数据库。如图2所示。

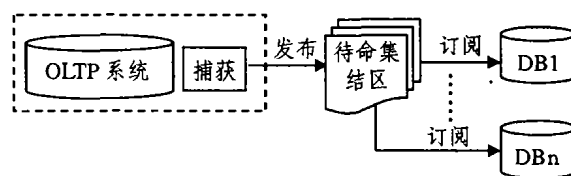


图2 网络数据库复制

3 策略

网络数据库对超大型数据库应用以及许多组织共享数据资源时将发挥独有的作用。

对超大型数据库应用, 利用网络数据复制机制, 网络数据库可提供负载均衡, 由于受事务完整性的约束, OLTP 在数据库正副本之间同时执行效率很低, 所以在应用时可将一个 TPC-C 性能最高的数据库服务器作为 OLTP 服务器, 这个服务器可以是一个集群数据库服务器, 其余执行查询、报表和分析。对大事务的处理可在保证数据完整性的控制下, 自动派生小事务, 将它们分配到多台数据库服务中执行, 达到提高性能的目的。另外, 当 OLTP 服务器出现故障的时候, 通过网格的通知机制, 通知其他的服务器, 网格资源分配管理系统能自动选择一个 TPC-C 值次高的服务器来提供 OLTP 服务, 重新建立复制关系, 系统将自动恢复正常。

网络数据服务包含查询、修改、事务等操作, 在服务请求时, GDSF 往往会返回多个 GDS, 在多个符合要求的 GDS 中应采用何种标准来选择合适的 GDS 呢? 第一要计算它的可利用性能, 根据处理的类型, 从数据资源中查询它的性能指标, 如 TPC-C、TPC-W 或 TPC-D, 还有它的当前 CPU 空闲率, 把它们相乘, 得到可利用的处理能力, 同时也可估算大约的处理时间。第二计算网络延迟时间和传输时间。综合以上两方面的因素后, 可确定选择哪个 GDS。

对多个组织共享网络数据资源的情形, 在申请网络数据资源的时候, 还要考虑贸易的价格, 在全球因特网上的网络数据库, 对服务时段进行预约, 利用时差提供服务器的利用率, 有助于减少网络数据库的运作成本。

4 相关工作

网络数据库是数据网格研究的一个分支, 数据网格的应用更为广泛, 它为各种应用提供了一个高性能、大容量、高速传输的并行分布广域计算平台, 应用领域包括高能物理、粒子物理、生物医学、航空航天、数字地球、大型数据库等。网络数据库的研究主要面向现有数据库在网格中的应用, 全球网格论坛 (Global Grid Forum) 成立了数据库访问和集成服务 (Database Access and Integration Services, DAIS) 工作组起草相关的标准化建立, 英国 OGSA-DAI^[13] 是英国贸工部资助的 e-Science 核心项目, 旨在建立通过网格协助对各种独立数据源的访问和集成的中间件。

结论 随着因特网应用的不断深入, 对现有数据库资源的网格化变得更为迫切。网络数据库将为许多领域的应用系统带来更高性能与可伸缩性、高可靠性, 并满足众领域应用系统对数据处理规模与性能的特别需要, 融合开放网格体系结构的网络数据服务向不同需求的用户提供随处可得的数据资源将成为网络数据库访问与集成的发展方向 and 标准。

(下转第51页)

问题的解决,依赖这些方法的数据集成方案被越来越多地应用到各个领域。我们认为,今后数据集成的研究应该注重以下方面:

(1)关系数据模型与基于XML的半结构化数据间的映射。要保证映射前后数据的完整性及一致性约束。

(2)半结构化数据全局模式的构建方法和映射方法。同样要保证数据的完整性和一致性约束能够在半结构化的数据间传递。

(3)数据集成过程中安全可靠的数据传输。

(4)依赖网格计算技术构建的数据集成解决方案。

我们相信,在XML、Web Services及网格计算等技术规范的推动下,数据集成中的一些难题将会得到很好的解决,数据集成的应用也会更加广泛。

参考文献

- Maurizio L. Data Integration: a Theoretical Perspective. In: Proc. of the ACM SIGACT-SIGMOD-SIGART Symposium on Principles of Database Systems, 2002
- Hasselbring W. Information System Integration. Communications of the ACM, 2000, 43(6):33~38
- Convey C, Karpenko O, Tatbul N. Data Integration Services. <http://www.cs.brown.edu/people/tatbul/cs227/chapter.pdf>, 2001
- Batini C, Lenzerini M. A comparative analysis of methodologies for database schema integration. ACM Computing Surveys, 1986, 18(4):323~364
- Spaccapietra S, Parent C, Dupont Y. Model Independent Assertions for Integration of Heterogeneous Schemas. VLDB Journal, 1992, 1(1): 81~126
- Halevy A Y. Theory of answering queries using views. SIGMOD Record, 2000, 29(4):40~47
- Cali A, et al. Accessing Data Integration Systems through Conceptual Schemas. In: Proc. of ER2001, 2001. 270~284
- Goh C H, et al. Context interchange: New features and formalisms for the intelligent integration of information. ACM Trans. on Information System, 1999, 17(3):270~293
- Duschka O M, Genesereth M R. Answering recursive queries using views. In: Proc. of the 16th ACM SIGACT-SIGMOD-SIGART Symp. On Principles of Database Systems (PODS'97), 1997. 109~116
- Ullman J D. Information integration using logical views. In: Proc. of ICDT'97, volume 1186 of LNCS, 1997. 19~40
- Abiteboul S, Duschka O. Complexity of answering queries using materialized views. In: Proc. of PODS'98, 1998. 254~265
- Sheth A P, Larson J A. Federated databases for managing distributed, heterogeneous, and autonomous databases. Computing Surveys, 1990, 22(3): 183~236
- Wiederhold G. Mediators in the architecture of future information systems. IEEE Computer, 1992, 25(1): 38~49
- Chawathe S, Garcia-Molina H, Hammer J, et al. The TSIMMIS Project: Integration of Heterogeneous Information Sources. In: 10th Meeting of the Information Processing Society of Japan (IPSJ), 1994. 7~18
- Benefits of Transformational Data Integration. <http://www.g-rdi.nl/benefits.pdf>
- Chaudhuri S, Dayal U. An overview of data warehousing and OLAP technology. SIGMOD Record, 1997, 26(1): 65~74
- Ashish N. Optimizing Information Mediators By Selectively Materializing Data: [PhD thesis]. USC, March 2000
- Cali A, et al. Data Integration under Integrity Constraints. CAISE, 2002. 262~279
- Fagin R, et al. Data Exchange: Semantics and Query Answering. In: Intl. Conf. on Database Theory (ICDT), 2003

(上接第14页)

参考文献

- 都志辉,陈渝,刘鹏. 网格计算. 清华大学出版社, 2002
- Foster I, Kesselman C, Tuecke S. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. <http://www.globus.org/research/papers/anatomy.pdf>
- Foster I, Kesselman C, Nick J M, Tuecke S. The Physiology of the Grid: An Open Grid Service Architecture for Distributed Systems Integration. <http://www.globus.org/research/papers/ogsa.pdf>
- Foster I, Kesselman C, Nick J M, Tuecke S. Grid Services for Distributed System Integration. IEEE June 2002. 37~46. <http://www.globus.org/research/papers/ieee-cs-2.pdf>
- Jackson M, Antonioletti M, Krause M. Grid Data Service Factory. <http://www.ogsa-dai.org/docs/current/OGSA-DAI-USER-UG-GDSF.pdf>, June. 2003
- Antonioletti M, Jackson M. OGSA-DAI Product Overview. <http://www.ogsa-dai.org/docs/current/OGSA-DAI-USER-UG-PRODUCT-OVERVIEW.pdf>, May. 2003
- Jackson M. DAI Service Group Registry. <http://www.ogsa-dai.org/docs/current/OGSA-DAI-USER-UG-DAISGR.pdf>, June. 2003
- Hong N P C, et al. Grid Database Service Specification. <http://www.gridforum.org/Meetings/ggf7/drafts/DAIS-GGF7S-tatementSpec.pdf>, Feb. 2003
- Atkinson M P, et al. Grid Database Access and Integration: Requirements and Functionalities. <http://www.gridforum.org/Meetings/ggf7/drafts/DAIS-GGF7RF.pdf>, 2003
- Raman V, et al. Chaitan Baru Services for Data Access and Data Processing on Grids. <http://www.gridforum.org/Meetings/ggf7/drafts/DAIS-DataServices.pdf>, Feb. 2003
- Oracle and the Grid. <http://otn.oracle.com/products/oracle9i/grid-computing/OracleGridWP.pdf>, Nov. 2003
- Jacob B, et al. Enabling Applications for Grid Computing with Globus. <http://www.redbooks.ibm.com/redpieces/pdfs/sg246936.pdf>, May. 2003
- <http://www.ogsa-dai.org.uk>