

# 网格中基于访问频率的数据复制管理策略

沈 薇, 刘方爱

(山东师范大学 信息管理学院, 山东 济南 250014)

**摘 要:** 网格中涉及到大量数据文件的复制和传输, 数据的有效复制可以节省带宽、减少时延、均衡负载、改善系统可靠性。文中提出的采用基于访问频率的复制管理技术可以使用户有效地获得所需的数据, 并采用一种改进的 Fast Upload 方法来更新文件的副本, 减少了复制和更新所用的时间, 提高系统的效率。

**关键词:** 数据网格; 访问频率; 复制; 数据更新

中图分类号: TP393.07

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2006)11-0185-03

## Data Replication Strategies for Grid Based on Access Frequency

SHEN Wei, LIU Fang-ai

(Information and Management School, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

**Abstract:** A great deal of data files are replicated and transferred in grid. Replication is to reduce access latency and bandwidth consumption, help in load balancing and improve reliability by creating multiple copies of the same data. For user's need, provides dynamic replication strategies based on access frequency of the files and an improved Fast Upload method to update the replicas, which reduce the time of replication and update, therefore improve the system performance.

**Key words:** data grid; access frequency; replication; data update

### 0 引 言

网格计算(Grid computing)是 Internet 应用的新发展, 是在巨型机与互联网技术的基础上推出的一项新变革, 是完成计算任务的一种新模式, 又称为虚拟计算环境, 或全球计算统一平台<sup>[1]</sup>。在现代科学研究和应用领域中, 数据量的需求变得越来越大。

网格中涉及到大量数据文件的复制和传输。复制是通过创建同一个数据的多个拷贝, 并通过网络分布到另外一个或者多个地理位置不同的系统中, 来提高数据资源的可用性并且可以提高整个网格的有效性和数据资源的使用效率<sup>[2]</sup>。使用复制策略具有减少存取延迟, 减小带宽占用, 均衡网格负载, 提高数据的可用性等优点。

近年来, 已经提出了多种复制策略, 主要有静态复制策略<sup>[3]</sup>和动态复制策略<sup>[3]</sup>两种。静态副本复制策略在网格初始状态时就决定了副本的数量和放置位置, 但它不能适应用户行为的变化, 容易浪费带宽, 增加站点的负载。动态副本复制策略通过自动创建数据复制、自动分配和管理复制的机制来为数据网格中的用户提供就近访问策略,

从而提供更高的数据访问性, 能减少存取和带宽的消耗, 有助于负载平衡而且可用多次复制方式提高可靠性<sup>[4]</sup>。目前, 动态副本管理机制的主要策略有: 无复制或缓存(No replication or Caching)、最佳客户端(Best Client)、叠层复制(Cascading Replication)、平缓存复制(Plain Caching)、缓存+叠层复制(Caching plus Cascading Replication)、快速扩展(Fast Spread)、T-value 等复制策略<sup>[1]</sup>。

针对文件的复制技术是数据网格中数据访问和管理的基础, 对整个系统的性能和有用性有着重要的影响, 文中提出了一种基于对访问频率的动态副本管理机制, 对更改后的文件更新采用一种改进的 Fast Upload 方法<sup>[4]</sup>。通过对文件的访问频率来决定副本的增加或删除, 对其他节点上副本的更新采用自底向上的方法逐步更新, 有效地减少了系统负载和访问延迟。

### 1 相关研究

Globus 是一个开放的体系结构, 开放的服务和支持网络和网格应用的软件库。Globus 工具包提供网格计算的中间件服务。在 Globus 中有 4 个重要组成部分: 网络安全基础构架, Globus 信息管理, Globus 资源管理和数据管理。最后一部分提供了基本的数据网格工具: 在网格计算环境中统一的传输协议 GridFTP 和复制管理。其中复制管理包括复制目录和为了管理一个文件多个副本的复制管理服务。复制管理实现文件的逻辑文件名到物理文件

收稿日期: 2006-01-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60373063)

作者简介: 沈 薇(1981-), 女, 山东淄博人, 硕士研究生, 研究方向为网格计算、服务网格、并行计算; 刘方爱, 博士生导师, 博士, 研究方向为分布式处理、并行算法、光互联网络路由算法、网格计算、网络环境下的应用开发技术。

名的映射,逻辑文件与物理文件的映射可以是一对多的关系。复制管理服务给用户在不同位置复制文件的工具,它并不实现完整的复制管理功能,也不执行任何复制语义。

动态复制有 3 个最基本的问题:什么时候创建复制?哪个文件被复制?文件的副本放在哪个节点?文中介绍了一种选择被复制文件的动态策略,并对数据的更新问题也做了讨论。

## 2 基于频率自适应网格中文件副本的创建

在研究原有的网格中文件动态复制策略的基础上,文中提出了一种新的分布式动态副本创建机制——频率自适应动态副本创建机制。

副本模型根据网络拓扑影响的延迟分为域内副本衍生和域间副本扩展策略。域内副本衍生是在域内创建文件的副本来提高域内对文件的访问速度和负载均衡;域间负载均衡是使文件的副本在域间扩展,提高用户对文件的访问速度并减小带宽消耗。

根据文献[4]中提出的频率自适应的动态副本管理机制,在域内,采用基于对文件的访问频率来决定哪个文件要被创建副本,而域间副本扩展采用 T-value 策略<sup>[5]</sup>能更好地适应随机网格数据访问环境。首先假设网格节点的路由采用就近访问策略,使网格中的没有副本的节点从离它最近的节点的副本处得到读写请求的满足;最后假设,网格中的节点在相邻周期的读写模式差别不大,在一段时间内相对固定<sup>[2]</sup>。

网格中一个文件当前的副本数量在文件的生命周期中一直处于不断的变化中,若当前副本数量太小或到 0,则文件的可用性得不到保证,并增加读取数据的延迟。若太大,则占用较多的系统存储空间和时间,所以应对文件副本的数量加以限制,在阈值 low 与 high 之间。

### 2.1 网格中文件副本的增删

文件副本的增加,具有可以减少存取延迟、减少带宽占用、均衡网格负载、提高数据可用性等优点,但也存在一些缺点,如占用过多的存储空间、文件更新比较困难等。所以应该不断调整文件副本的数量和位置,来提高网格的整体性能。

在节点上以非固定的周期运行一个扫描进程,当进程发现文件的访问频率达到一定界限时就启动动态增加或删除副本算法。

在一个文件的周期结束时,判断是否为网格中节点的文件增加副本或者删除副本。基主要的思路如下:根据对文件的访问频率并根据一定的判断条件来决定是增加还是删除文件的副本。

每个拥有文件副本的节点维持一个按照访问副本节点的先后顺序排列链表,因此链表头部记录的是最近一次被访问的副本节点。链表单元记录了在一个周期内,文件副本被读取的次数,并且刚被读取的文件的记录单元放置

于链表的头部。

设系统中一个文件  $f$  有  $m$  个副本,  $\alpha$  表示要访问文件的节点从离它最近的节点读取文件副本的系统开销,  $\beta$  表示写一个非本地节点的副本的系统开销。在一个周期内,  $r$  表示节点发出的对文件  $f$  的读请求,  $w_m$  为节点内部发出的对文件的写请求,  $w_{out}$  为非本节点发出的对文件的写请求,  $t$  为传输一个单元数据的传输代价。

增加一个文件副本的判断条件是:增加副本后的系统开销要小于增加前的系统开销,即:

$$ra + (n - 1)w_{out}\beta + nw_m\beta > nw_{out}\beta + (n + 1)w_m\beta + tsize(f)$$

化简后得:

$$ra > w_{out}\beta + w_m\beta + tsize(f) \quad (1)$$

同理删除一个文件副本的判断条件是:删除副本后的系统开销要小于删除前的系统开销,即  $(n - 1)w_{out}\beta + nw_m\beta > ra + (n - 2)w_{out}\beta + (n - 2)w_m\beta - tsize(f)$

化简后得:

$$ra < w_{out}\beta + 2w_m\beta + tsize(f) \quad (2)$$

根据 PQ 参数原则<sup>[6]</sup>来触发副本创建进程。设置参数  $P, Q (P < Q)$ ,  $P$  值对剧烈增长的用户访问作出及时反应,  $Q$  值对备份创建更为谨慎,并允许文件或备份服务器性能暂时波动,  $T$  为副本在一个文件周期内访问次数的阙值。实际触发判断机制如下:

(1) 当用户在单位时间内访问副本的次数小于  $T$  时,则继续监视文件的读写状态。

(2) 在  $P$  时段内,网格中的节点  $i$  从头扫描链表:

If 链表中的第一个单元满足(1)

Then 启动创建副本进程,为文件增加一个副本

//由于是最近一次读副本的节点再次读取的可能性大,所以保证了最有可能下一次读取的节点复制

(3) 在  $Q$  时段内,if 副本满足(2)

Then 向其他含有文件  $f$  副本的节点发出删除文件的请求,并进入 del 状态

在本周期内,若网格中的其它节点收到删除请求时,自身也处在 del 状态,则不响应此请求,相反,则同意删除。若节点收到同意删除的消息总个数大于 low,则立即删除自身的副本。若小于 low,则放弃删除副本,结束 del 状态,返回正常状态。

### 2.2 文件周期的管理

各个节点对文件的访问频率随时间的不同而不同,所以可根据对文件的访问频率来调整周期长度。若对文件的访问频率高时,则对副本的扫描周期适当地减少。若对文件的访问频率低时,则对副本的扫描周期适当地延长<sup>[7]</sup>。

### 2.3 动态读/写复制策略的更新机制

在对数据进行有效的复制后,网格中的节点对数据访问,为了使其他有数据副本节点的数据保持一致性成为关键性问题,文献[1]中提出了 Fast Upload 方法,其主要思

想是:数据在沿着路径逐层向上传递时,根据复制目录中的复制元数据信息,确认该节点的其他下层节点的复制位置,如无,继续向上传输,如有其他的下层节点,则在向上层节点进行数据传输的同时,向该下层节点自动完成其向下的传播路径中相关复制的同步更新。在这种复制管理策略中,利用数据更新与传输的并行过程,可以缩短数据处理时间。

该方法也存在一定的不足,根据就近原则,若有其它节点要访问离自己最近的节点上的副本数据时,由于更新存在一定的延迟性,而此时更改后的数据的更新并没有到达,会使节点访问的是没有修改的数据,使得读取的数据与该节点所希望读取的数据不一致。针对这个问题,提出了一种改进的 Fast Upload 方法。

在更新之前,修改数据的节点向其它所有节点发一个 broadcast,告诉所有节点该文件中的信息已被修改,并将该文件的所有其它副本加一个锁标志,即表示该文件现在不可用。若此时没有节点要访问该文件,则按 Fast Upload 方法来更新数据,并将更新了的文件副本的锁标志去掉。若有其它节点在更新过程中访问该文件,根据就近访问原则,先访问离该节点最近的节点的文件的副本,若此时文件副本的锁是开的,则可读取该文件的副本数据,若文件副本是加锁的,则依此向外扩展直到找到文件副本的锁是开的节点并从上读取所需要的数据。更新完成后,该文件的所有的锁均已被解除。

该方法解决了由于副本的更改而带来的数据不一致性,导致其它节点在更新之前读到未修改数据而引起的一系列问题。

### 3 策略的性能分析与模拟实验

#### 3.1 性能分析

可以设置一个周期的下限,当副本访问次数降低时,周期的长度会达到下限值,经过两次达到周期下限值后,则可使副本进入 del 状态,这样,当副本在经历一段高频率访问后接着进入不再访问副本时,有效地删除副本,节约系统的存储空间。

数据的更新也需要一定的安全权限,如果有恶意用户不断地更新读取的副本,再从网格中其他的节点不断地读取更改后的数据,则容易造成系统的负载过重,带宽消耗过大,所以,应该对用户设置访问权限,在用户访问时进行安全性检查。但增加安全管理会增加复制管理的复杂性,这是一对矛盾。

#### 3.2 模拟实验

在校园网环境中,选择了分布在不同位置的 10 台机器,构造了一个实验环境。网络拓扑如图 1 所示。

为了测试其性能,对一个特定的文件 f 同时施行两种不同的副本管理策略。一种是文中提出的周期随文件的访问频率变化的动态副本管理策略,并且文件 f 的更新采用改进的 Fast Upload 方法;另一种是周期不随文件的访

问频率变化,即周期固定的副本管理策略,并且文件 f 的更新采用 Fast Upload 方法。

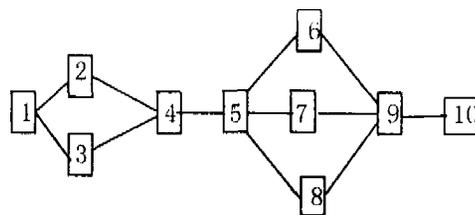


图 1 实验系统拓扑图

设文件的最小扫描周期长为 30s,文件访问频率变化时,扫描周期采用减少或增加 5s 的方式来改变扫描周期。而周期固定的采用周期长为 30s。运行试验系统一段时间后,统计在这段时间内两种策略对文件 f 的副本更新所需时间和两种策略中获取文件 f 的平均响应时间。如图 2 和图 3 所示。

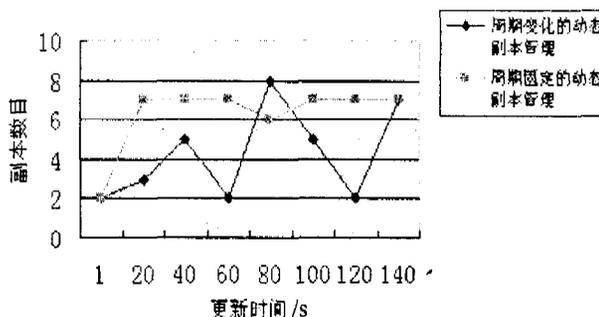


图 2 副本更新时间比较

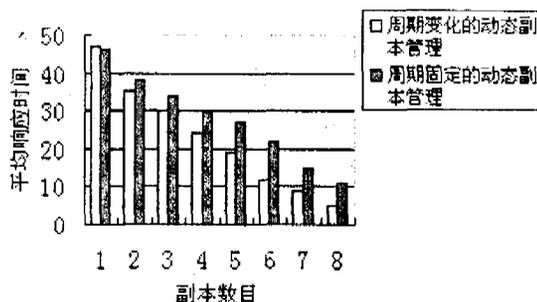


图 3 平均响应时间比较

由模拟结果可知,周期变化的频率自适应的数据副本创建策略,可以有效地减少获取文件副本的时间,并减少了副本更新所需的时间,更加有效地满足用户需求,从而提高了系统的整体性能。

### 4 结束语

文中结合对文件的访问频率来动态地增加副本,使用户获得更快、更好的数据和网络资源,并用一种改进的 Fast Upload 方法来实现对副本的更新,以保证网格中数据的一致性。对网格中副本的复制和更新进行有效的管理,为数据网格中的用户提供就近访问策略,从而提供更高的数据访问性能。但对文件的周期的管理还有待于完善,不同时段每个周期的长度需要一个比较精确的公式来预测。

(下转第 190 页)

库中。以 MS SQL Servers 的数据转换服务从源数据库中抽取和转换数据,送到数据仓库中。在分析系统中采用 Microsoft SQL Server Analysis Services。Analysis Services 用于联机分析处理(OLAP)和数据挖掘的中间层服务器。在分析服务器中,连接数据仓库作为分析系统的数据源,然后利用维度表和事实表创建共享维度或专用维度,并定义维度的层次关系。在 Analysis Services 中可以在同一个维度表创建多个不同的维度,并且可以在日期型单个字段中根据需要创建不同层次的多维度。维度定义好后,把维度和事实表结合起来,建立用于决策分析的多维数据模型<sup>[10]</sup>。

#### 4 结 论

商品房销售数据仓库模型的设计提出了一个基于数据仓库技术的决策分析系统。利用数据仓库进行商品房销售带来的好处是多向的:

第一,地产商可以通过网上直接进行有针对性的市场调研,了解消费者的需求和心态,便于进行分析和定位,把握营销策划的方向。通过各种手段收集的数据库本身也是最好的准客户档案。

第二,有利于为客户提供个性化的售前售后服务。数据库营销利用网络的交互式运作,为供需之间开展双向交流提供了便利。

第三,可以实现远程售楼管理,有利于总部与分部的即时沟通。在促销展示数字化方面,部分房地产企业开始通过先进的数字技术展示楼盘,丰富楼盘广告的表现形

式。

总之,在今后的研究中要进一步实现数据挖掘的功能,从数据仓库中寻找出隐含的、潜在的有用信息,进行商品房销售预测、商品房购买分析以及顾客价值分析,从而支持更深层次的分析 and 决策。

#### 参考文献:

- [1] 胡 峰. 运用 CRM 系统提升房地产营销管理绩效[J]. 北京房地产, 2005(3): 81-83.
- [2] 王 丹. 房地产营销进入网络时代[N/OL]. 2005-04-19. <http://www.loushi.com/>.
- [3] Han Jiawei, Kamber M. 数据挖掘:概念与技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2001.
- [4] 陈京民. 数据仓库原理设计与应用[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2004.
- [5] 林杰斌. 数据挖掘与 OLAP 理论与务实[M]. 北京:清华大学出版社, 2004.
- [6] 贺广生, 蔡 勇. 基于数据仓库的销售分析系统的设计和实现[J]. 江南大学学报, 2002(2): 143-146.
- [7] 张 格, 张子刚. 给予系统观念的房地产营销策略研究[J]. 房地产营销, 2005(1): 143-146.
- [8] 卜一德. 房地产开发经营管理实用手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2002.
- [9] 戴 彬, 余建桥. 数据仓库技术在农产品销售中的应用及分析[J]. 农业网络信息, 2005(7): 37-39.
- [10] 任锦鸾. 数据仓库中数据结构设计方法的研究[J]. 计算机工程与应用, 2001(22): 116-118.

(上接第 167 页)

#### 参考文献:

- [1] Mambo M, Usuda K, Okamoto E. Proxy Signature for Delegating Signing[C]// In Proc 3rd ACM Conference on Computer and Communications Security. New Delhi, India, New York: ACM Press, 1996.
- [2] Chaum D. Blind signature systems[C]// Proceedings of the Crypto 83. New York: Springer-Verlag, 1998: 153-156.

(上接第 187 页)

#### 参考文献:

- [1] 张延松, 薛永生, 张 宇, 等. 数据网络的动态读/写复制策略的研究[J]. 计算机科学, 2004(10): 104-107.
- [2] Ranganathan K, Iamnitchi A, Foster I. Improving Data Availability through Dynamic Model-Driven Replication in Large Peer-to-Peer Communities[C]// In: Proc of the Workshop on Global and Peer-to-Peer Computing on Large Scale Distributed Systems. Berlin: IEEE Computer Society, 2002.
- [3] 何炎祥, 范清风, 张力飞. 网格计算中动态复制策略的设计[J]. 计算机工程, 2004(3): 94-98.

- [3] Bonch D, Lynn B, Shacham H. Short signatures from the Weil pairing[C]// In: Advances in Cryptology - Asiacrypt' 2001, Lecture Notes in Computer Science 2248. Heidelberg: Springer, 2002: 514-532.
- [4] 马春波, 何大可. 基于双线性映射的卡梅隆门限签名方案[J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(8): 1427-1430.
- [5] 李素娟. 一种基于身份的代理盲签名[J]. 南京工业大学学报, 2005, 27(3): 107-110.
- [4] 周 旭, 卢显良, 侯孟书, 等. 频率自适应的动态副本管理机制[J]. 计算机科学, 2005(2): 133-136.
- [5] 庞丽萍, 陈 勇. 网络环境下数据副本创建策略[J]. 计算机工程与科学, 2005(2): 1-3.
- [6] Lee Byoung-Dai, Weissman J B. An Adaptive Service Grid Architecture Using Dynamic Replica Management[C]// Proc of the 2nd Int'l Workshop on Grid Computing. Denver, Colorado: [s. n.], 2001: 63-74.
- [7] Lamchamed H. Data Replication Strategies in Grid Environments [EB/OL]. 2002-07. <http://www.cs.rpi.edu/~szymansk/papers/ica3pp.02.pdf>.