

一种基于数据网格的动态副本管理策略研究^{*}

龚正江^{1,2}, 蔡庆超¹, 张学杰¹

(1. 云南大学 信息学院计算机科学与工程系, 云南 昆明 650091;

2 云南省玉溪工业财贸学校, 云南 玉溪 653100)

摘要: 副本管理是数据网格中的一个研究热点, 它能提高网格环境中数据的可获得性和容错性. 在对传统数据网格中主流的副本管理技术进行深入研究后, 提出了一种基于数据网格的动态副本管理策略, 该策略包含能根据文件访问热度自动增加副本的动态副本创建方法、基于 GridFTP 的副本选择方法和结合副本创建时间、访问次数、副本文件大小的副本置换方法. 仿真实验结果表明, 当用户对资源的访问具有时间相关性时, 提出的动态副本管理策略与 OptorSim 网格仿真器内置的 5 种副本管理策略相比有着较大的性能优势.

关键词: 网格; 数据网格; 副本管理; OptorSim

中图分类号: TP 393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258- 7971(2009)05- 0470- 07

网格 (Grid)^[1,2] 是国家级高性能计算和信息服务的战略性基础设施, 它的目标是将地理上分布、异构的各种高性能计算机、数据服务器、大型检索存储系统和可视化、虚拟现实系统等通过高速互连网络连接并集成起来, 共同完成一些缺乏有效研究办法的重大应用研究问题.

数据网格 (Data Grid)^[3,4] 是在网格的基础上扩展了数据管理的功能, 将超级计算机的数值计算和分析能力与数字图书馆技术有机结合起来, 从而为科学应用在分布式异构计算环境中实施资源发现和发现提供信息支持. 具体而言, 数据网格通过提供一组服务来支持资源和信息发现, 通过存储资源代理使计算可以在异构的存储资源上进行. 数据网格允许不同组织之间共享其数据, 协作共享数据的管理和保证数据访问的安全性, 用户只需要相应的权限就可以访问其关心的数据, 而并不需要知道数据的具体存储位置.

副本管理是数据网格中的一个研究热点, 副本管理通过在不同地点存放数据的多个副本可以降低远程访问该数据的网络延迟及带宽消耗, 还可以

提高网络的负载均衡, 同时能够提高数据的安全性和可靠性以及系统的容错性等. 良好的数据副本管理策略是提高数据网格服务质量的一个重要方面, 副本管理策略包括副本的创建、副本的选择、副本的置换和副本的一致性维护等, 其中副本的创建、选择和置换是整个副本管理策略的核心.

根据创建、选择和置换策略的不同, 副本管理策略可分为简单副本管理策略、基于层次模型的副本管理策略、基于经济模型的副本管理策略等. 其中简单副本管理策略可细分为无副本策略 (No Replication, NR)、最久未使用副本策略 (Least Recently Used, LRU) 和最近较少使用副本策略 (Least Frequently Used, LFU). 层次模型^[5] 的副本管理策略可细分为最佳客户策略 (Best Client)、瀑布创建策略 (Cascading)、简单缓存策略 (Plain Caching)、缓存 + 瀑布策略 (Caching + Cascading)、快速扩散策略 (Fast Spread). 经济模型的副本管理策略则使用估价函数先估计副本的价值, 从而决定是否值得在本地创建副本以便能够在将来给本地带来利润; 在副本选择上, 经济模型使用反维克里 (Vick-

^{*} 收稿日期: 2008- 11- 10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60573104).

作者简介: 龚正江 (1973-), 男, 云南人, 硕士生, 主要从事数据与通信网络、网格计算以及数据网格方面的研究.

通讯作者: 张学杰 (1965-), 男, 云南人, 博士生导师, 主要从事高性能计算模式、软- 硬件协同设计以及网格计算方面的研究.

rey)拍卖模型来选择最佳副本^[67].

在以上副本管理策略中,简单副本管理策略使得数据文件会被频繁复制,不能适应复杂多变的网络环境;层次模型的副本管理策略主要是针对欧洲数据网络结构特点而设计的,不能很好适应于对等和混合式网络结构;经济模型副本管理策略则存在估价函数计算复杂的问题.

除以上副本管理策略外,还有一些副本管理策略从其它角度出发.如:文献[8]提出了一种可扩展、动态自适应的分布副本定位方法,使用宿主结点来支持对同一数据多个副本的同时高效定位,使用本地副本定位结点来支持对副本的本地查询.该文还提出了一种动态均衡映射方法,将全局副本定位信息均衡分布在多个宿主结点上,并且能够自适应宿主结点的动态加入或退出.文献[9]提出了基于存储联盟的双层动态副本创建策略(SADDRES),其中第1层SABC(Storage Alliance Based Cache)算法主要考虑存储联盟之间的副本复制,第2层ROSA(Replica Optimization in Storage Alliance)算法主要考虑存储联盟内部数据的合理分布.实验结果表明,SADDRES策略在面向企业的数据网络应用中具有很好的系统性能.

本文提出了一种可根据文件访问热度自动增加副本数量的动态副本管理策略,并在OptoSin模拟器中模拟了该策略.仿真实验结果表明,当用户对资源的访问具有时间相关性时,本文提出的动态副本管理策略与OptoSin网络仿真器内置的5种副本管理策略相比有着较大的性能优势.

1 基于数据网络的动态副本管理策略

副本的创建、选择和置换是任何副本管理策略都需要面对的问题,本节首先提出了一种结合文件访问次数和节点负载的动态副本创建方法.其次,在此基础上,我们提出了基于GridFTP的副本选择方法.最后,本文提出了一种结合副本创建时间、访问次数、副本文件大小3种因素的副本置换方法.

1.1 动态副本管理策略中的副本创建 副本较少会降低访问数据的响应时间,创建更多的副本虽然可以提高访问数据的响应时间,但也会增加数据更新的代价和浪费存储空间,因此维持合适的副本数量比较关键.另外,由于网络本身的动态性和不可控性以及网络带宽和存储资源的动态变化,维持恒

定的副本数量是不可取的,必须采用动态自适应的副本创建方法.目前针对动态自适应副本创建方法的研究主要是基于热点数据的^[10],即根据文件访问的频繁程度来决定是否创建副本.本文提出了一种结合文件访问次数和节点负载的动态副本创建方法.其核心思想是为访问负载较重的节点创建副本,将副本尽量创建到网格内负载较轻的其它节点,达到各节点分担访问流量的目的.

1.1.1 确定需要创建副本的节点和创建时机 对网格内的每个存储资源节点都设立一个访问记录器,用于记录网格中的用户对主副本数据文件的访问情况,包括所访问的文件名、每个文件的访问次数、文件大小等.每个存储节点都对用户请求的数据文件进行监控,当某节点上某个主副本在最近一段时间内的访问次数达到一定阈值时,该数据文件就成为热点数据,从而对该数据文件启动一次副本创建过程.为实现副本随被访问节点负载的增大而增多,设定多个阈值,如果访问次数还继续增长,超过第2阈值,又再启动一次副本创建过程,依此类推.

1.1.2 对各存储节点的负载进行估算 动态副本创建方法的根本目的就是将具有较重文件访问请求的节点流量分流到负载较轻的节点,由于各节点是异构的,处理能力、网络带宽、内存和磁盘大小都有可能不一样,因此在进行副本创建前必须对各节点的负载情况进行估算.决定存储节点的负载指标有很多,主要包括CPU处理能力、CPU利用率、剩余磁盘空间、剩余内存大小、磁盘I/O以及网络的传输能力等.以上负载指标虽然对进行文件传输时的影响各不相同,但也应该看出,采用单一指标并不能准确地反映负载情况,因此,应采用多项负载指标表示节点的负载情况.

针对数据网络的特点,本文主要采用了 W_c (CPU处理能力)、 W_d (剩余磁盘空间)、 W_m (剩余内存)、 W_{io} (磁盘I/O能力)、 W_{nb} (网络传输能力)5项指标来表示节点的负载情况.采用直接调用各存储节点上系统函数的方式来获取5项负载指标,并对这5项指标分别分配不同的权重,然后采用下面公式^[11]计算每个域内存储节点某一时刻的负载处理能力.

$$L = \left[\sum_{i=1}^n (k_i a_i^2) \right]^{1/2}, \quad (1)$$

在公式 (1) 中, L 表示本地结点的负载值; a_1, a_2, \dots, a_n 分别是选定的负载指标 (如前文提到的 W_c); k_1, k_2, \dots, k_n 分别是权重. 节点在某一时刻的负载处理能力并不能真正反映节点在网格系统中的负载情况, 如: 某一节点可能在启动副本复制之前的这一时刻负载处理能力比较差 (负载重), 但过后马上负载迅速降低, 处理能力增强. 为准确反映存储节点的负载情况, 本地节点应每隔一定的时间周期不断计算 L 值, 然后取最近 n 个周期的 L 值来求平均以近似反映一段时间内存储节点的负载情况.

1.1.3 构造虚拟的扩充二叉树 当网格内某存储节点上某个主副本在单位时间内的访问次数超过一定阈值 (第一阈值) 时, 就开始启动副本创建过程, 此时它需要在网格内寻找一个当前副本处理能力最强的节点作为复制目的地, 然后启动 GridFTP 进行副本复制. 如果该文件的访问次数继续增加再超过一定阈值 (第二阈值), 则要寻找网格内副本处理能力次强的节点再次进行副本复制, 依此类推, 这样能最快地实现负载分担和动态控制副本数量. 为快速地实现按负载轻重对存储节点进行定位, 我们采用了类似于霍夫曼 (Huffman) 树的虚拟扩充二叉树来对网格内的存储节点进行标识.

当某存储节点上某个主副本文件的访问次数超过一定阈值 (第一阈值) 时, 就开始为该文件构造虚拟扩充二叉树. 首先由该节点向网格内其它节点发出负载处理能力的查询请求, 网格内各节点收到请求后根据公式 (1) 用最近 n 个周期的 L 值求平均值 \bar{L} 来作出应答.

从公式 (1) 可知, L 值越大则负载处理能力越强, 为满足虚拟扩充二叉树处理的要求, 发出负载查询请求的源节点在收到网格内其它节点的应答后, 按 $\bar{L} = 1 + 1/\bar{L}$ 对 L 值进行变换. 另外, 源节点将自己的 \bar{L} 永远设为 1 以保证源节点的 \bar{L} 是最小的.

源节点将自己的 \bar{L} 连同收到域内其它节点的 \bar{L} 一起为权值构造虚拟的扩充二叉树, 为便于后面更方便地依次定位负载较轻的节点. 在这里对构造霍夫曼树的方法作个变化, 即除第 1 次采用源节点的 \bar{L} 和域内其它节点的最小 \bar{L} 构造扩充二叉树外, 以后只在剩余 \bar{L} 权值选取一个最小的值和当前扩充二叉树的根来构造新扩充二叉树. 如显示了标准的霍夫曼树和变化的霍夫曼树在构造扩充二叉树上的区别. 虚拟扩充二叉树构造完毕后, 再按 Huffman 编码原则对它们进行编码得到各节点的地址.

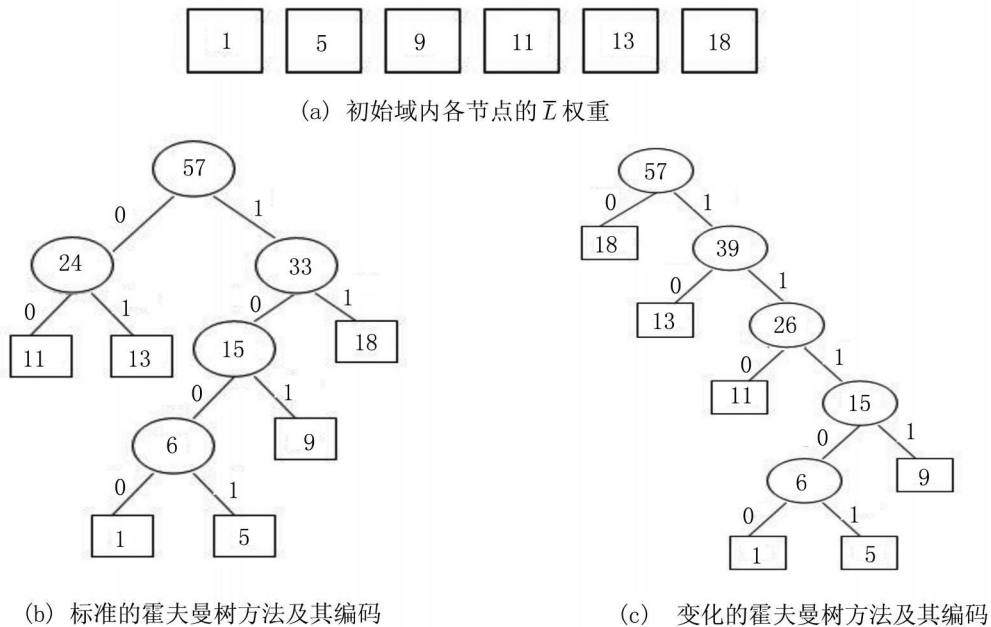


图 1 标准霍夫曼树和变化的霍夫曼树的区别

Fig 1 The difference between standard and variation of Huffman tree

源节点在完成上述 Huffman 编码后,要实现按负载轻重依次对节点进行定位就非常简单了.当源节点上某个主副本文件在最近一段时间内的访问次数超过第 1 阈值,只需对源节点 Huffman 编码地址的末位取反就可以得到网格内其它节点中负载最轻节点的 Huffman 编码地址.如果对该文件的访问请求继续增加超过第 2 阈值,则只要对源节点 Huffman 编码地址上移 1 位并取反就可以得到网格内其它节点中负载第 2 轻节点的 Huffman 编码地址.依此类推源节点就可以根据文件访问热度按负载轻重的顺序逐步为域内其它节点创建文件副本.

由于在数据网络中用户对文件的访问往往具有一定的时间相关性,即用户在一段时间内总是对某几个文件特别感兴趣.因此采用上述方法所构造的虚拟扩充二叉树基本能反映这段时间内的网格情况.另外,为节省系统资源,当已构造虚拟扩充二叉树的某个主副本文件在最近一段时间内的访问次数低于第 1 阈值时,可销毁该文件的虚拟扩充二叉树并删除为其创建的所有副本.

1.2 动态副本管理策略中的副本选择 为了让网格环境下的数据访问获得较好的性能和较小的响应时间,可充分利用 GLOBUS 中的 GridFTP 支持并行传输和条状传输的特点,实现数据文件快速、高效的下载.

因此动态副本管理策略中的副本选择是按以下进行的:

(1) 首先,用户通过查询网格系统内的元数据服务器获得与感兴趣的内容有关的逻辑文件名;

(2) 当用户需要下载该逻辑文件时,向网格系统内的 RLI(副本定位索引)服务器发出获取该逻辑文件所有副本的查询请求,由 RLI 找出所有存储了该文件副本的节点;

(3) 求出所有副本存储节点当前的负载,得到所有负载低于阈值的节点,使用这些节点进行该文件多个副本的并行传输.如果负载都高于指定阈值,则选负载最小的节点进行传输.

求副本存储节点当前负载时,负载指标的选取与副本创建时有些区别,主要采用了 CPU 处理能力、网络传输能力、磁盘 I/O 能力 3 项动态指标.

其中, CPU 处理能力 $W_c = \text{CPU 主频} * (1 - \text{CPU 使用率})$; 网络传输能力 $W_n = \text{网络带宽} * (1 - \text{网络带宽占用率})$; 磁盘 I/O 能力 $W_{dir} = \text{磁盘传$

输带宽 / 当前连接数, 则负载.

$$L = \alpha * W_c + \beta * W_n + \gamma * W_{dir} \quad (2)$$

公式 (2) 中 α β γ 是一些常数,根据系统实际情况的不同,对服务标准的侧重点不同可以取不同的值.

1.3 动态副本管理策略中的副本置换 副本文件复制到目的节点时,如果目的存储节点具有足够的存储空间则不需要进行副本置换.否则,需按某种副本置换算法进行副本替换,以便删除一些数据副本来容纳新的副本.传统的副本置换方法有:

① 删除最旧副本策略 (Delete Oldest): 当需要删除副本时,选择删除创建时间最久的文件,此方法可能会将有价值的老文件删除;

② 删除最少访问副本策略 (Delete LAF (Least Accessed File)): 当需要删除副本时,删除文件访问记录中被访问次数最少的文件,但此方法可能会将刚刚复制的文件删除.

以上 2 种传统的副本置换方法都有其弊端并且没有考虑文件大小,显然,在一次副本替换过程中,换出占用存储空间大的文件更有价值,它可以尽量减少副本置换次数.因此,本文采用了一种结合副本创建时间、访问次数和副本文件大小 3 种因素的副本置换方法.当需要在某个目的节点创建新副本而节点存储空间不够时,对目的存储节点上所有大于新副本的副本文件,按照以下公式来计算每个文件的价值.

$$F_v = (k_1 * F_{create} + k_2 * F_{access} + k_3 * F_{size}), \quad (3)$$

在公式 (3) 中,其中 k_1 , k_2 , k_3 是系数,可由用户使用时自己指定,而 F_{create} , F_{access} 和 F_{size} 分别是副本创建时间,访问次数和文件大小.在计算出目标节点每个副本文件的价值后,用新副本替换掉价值最小的原副本.

2 仿真实验

OptoSim 是一种可扩展、易配置和编程的网格仿真工具.本节对 OptoSim 进行了扩展,添加了动态副本管理策略的 Java 实现,通过配置实验参数后,对本文提出的动态副本管理策略和 OptoSim 内置的 5 种策略进行了仿真,并对它们的性能进行了比较和分析.

2.1 OptorSim 网格仿真器 OptorSim^[12-13] 网格仿真软件是欧洲粒子物理研究中心于 2002 年开始

用 Java 编写的软件,是为仿真真实的数据网络结构而开发的,目的是研究在某一特定环境下副本优化方法的有效性.

OptoSim 是一种可扩展、易配置和编程的网格仿真工具,而且是一个源代码开放、免费的软件仿真平台,具有开放的结构和良好的可扩展性. OptoSim 可以仿真任何一种拓扑结构,并且易于扩展,在实现新方法和新的复制策略上具有优势.因此这里决定采用 OptoSim 作为仿真工具,对本文提出的副本管理策略进行评估.

2.2 网格拓扑结构和网格配置文件 根据本文提出的动态副本管理策略设计了如图 2 所示的网格拓扑结构.与之相对应的仿真实验的网格配置文件如图 3 所示.在网格配置文件中,每一行都代表着一个节点的信息,其中第一列是节点的计算单元的个数,第二列是节点的存储单元的个数,第三列是存储单元的存储容量 (MB),剩下的列则组成了在给定最大带宽下的连接矩阵,该矩阵基于对角线对称.

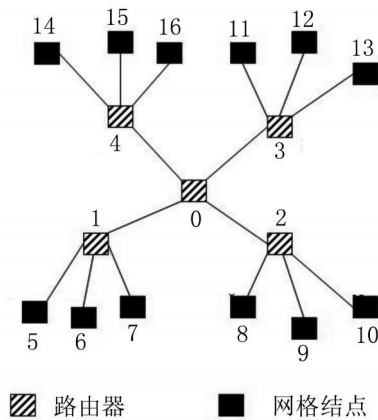


图 2 仿真实验的网格拓扑结构

Fig 2 The grid topology of simulation experiment

2.3 网格的模拟参数配置 模拟参数配置文件主要用来设置网格的各种模拟参数,如作业调度方法、副本优化方法的选择、用户界面的设置等.本文所采用的模拟参数配置如表 1 所示.

2.4 实验过程 根据前面所提出的动态副本管理策略的设计思想,我们对 OptoSim 模拟器进行了扩展,添加了几个新的类,并编写了动态副本管理策略的 Java 实现代码.

Table with 16 columns of numerical data representing grid configuration parameters.

图 3 仿真实验的网格配置文件

Fig 3 The grid configuration file of simulation experiment

表 1 模拟参数配置

Tab 1 The configuration of simulation parameters

Table with 2 columns: Parameter (参数) and Value (值). Parameters include Number jobs, Scheduler, Optimizer, Access pattern generator, Job delay, Background bandwidth, Initial file distribution, max queue size, and Gui.

OptoSim 内置了 5 种常见的副本管理策略,它们的 Java 实现代码都放置在 Optor 包中.为模拟本文提出的动态副本管理策略,我们在这个包中额外添加 3 个新的类,分别是 DynamicOptimizer 类、DynamicStorageElement 类和 DynamicAssistant 类.其中 DynamicOptimizer 类的主要功能是实现根据文件的访问热度动态增加副本数量. DynamicStorageElement 类的主要功能是当存储空间满时进行副本置换. DynamicAssistant 类主要完成如获取文件

访问数、获取站点负载能力等一些辅助功能.

此外,我们还对 2 个工厂类 OptimiserFactory StorageElementFactory 进行修改以便生成 DynamicOptimiser类和 DynamicStorageElement类的运行实例.

2.5 实验结果分析 得到实验数据后,本文采用 OptoSim 提供的 4 个性能指标来对不同副本管理策略的性能进行分析.

图 4和图 5分别显示了 6种副本管理策略在 3种用户访问模式下的平均作业执行时间和网络利用率.从图中可以看出,在顺序访问模式下,2种经济模型在平均作业执行时间和网络利用率方面表现最好,本文提出的动态副本管理策略则次之.在随机访问模式下,动态副本管理策略表现相对较差;而在 Zipf分布模式下,动态副本管理策略则强于其它所有的副本管理策略.

图 6显示了 6种副本管理策略在 3种用户访问模式下的 SE 利用率.可以看出,除无副本策略外,无论在何种访问模式下,动态副本管理策略均好于其它副本管理策略,这是因为本文提出的动态副本管理策略只对热点文件创建副本的缘故.

图 7显示的是 6种管理策略在 3种用户访问模式下创建的副本总数.可以看出,本文提出的动态副本管理策略所创建的副本数量是极少的,平均只在 20至 30之间,远远低于其它副本管理策略.

通过对以上的实验结果分析我们知道,本文提出的动态副本管理策略特别适合用户访问模式服从 Zipf分布的情况,即用户对数据文件的访问具有时间相关性,在某段时间内对少数文件的访问相当频繁,而这种情况在数据网格应用于文件资源共享时是很普遍的,人们总是在某段时间内对某种热门资源特别感兴趣.

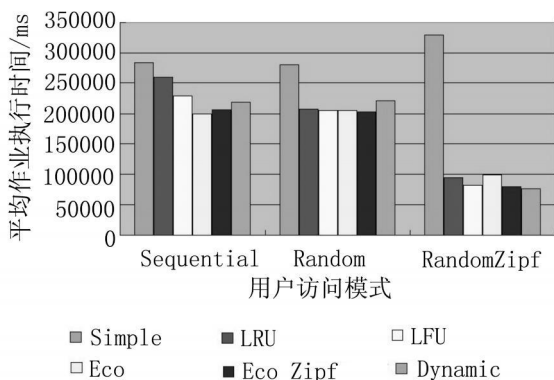


图 4 平均作业执行时间

Fig 4 Mean job executive time

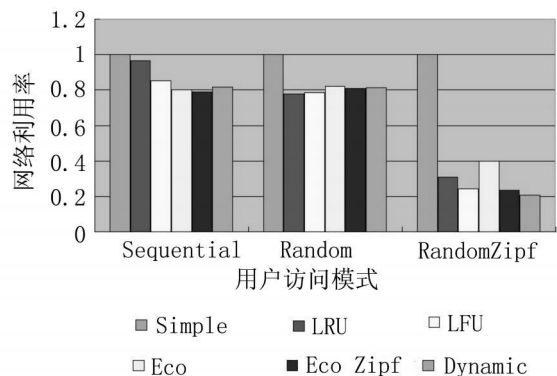


图 5 网络利用率

Fig 5 Efficiency of network usage

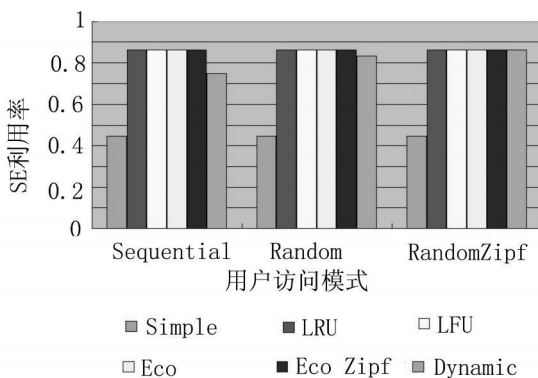


图 6 SE 利用率

Fig 6 Percentage of SEs in usage

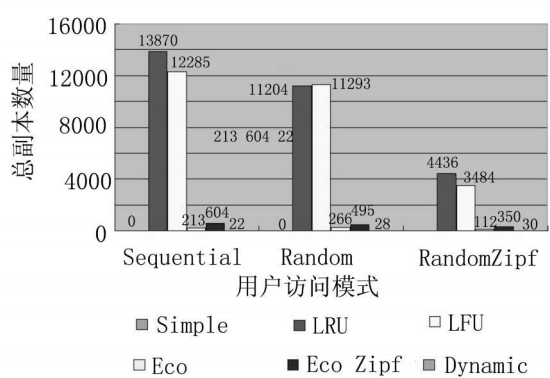


图 7 创建的副本总数

Fig 7 Total number of replications

另外,虽然本文提出的动态副本管理策略在随机访问模式下的表现较另外 4 种副本管理策略要差,但这 4 种副本管理策略都是尽可能地将副本复制到本地 SE 上,这在用于科学计算的网格中并无什么不妥,因为跟本地 SE 位于同一站点上的 CE 可以直接使用 SE 上的文件,不会产生任何网络传输开销。然而如果是应用于文件资源共享的网格情况则会有所不同,这种情况下终端用户的计算机一般不会作为 SE 参与副本管理,即使文件已被复制到一个虚拟组织的本地 SE 上,处于该虚拟组织下终端用户还是要发起同本地 SE 的网络连接才能获得文件。如果该终端用户此时不在该虚拟组织的高速局域网内,要想从虚拟组织的本地 SE 获得文件将需要更多的网络传输开销。这时动态副本管理策略对热点文件创建的多个副本就可以发挥作用了,我们可以利用 GridFTP 的并行和条状传输技术来提高用户获取文件的响应时间。由于 OptoSim 模拟器主要是针对科学计算开发的,本文所提出的动态副本管理策略的这个优势在本次实验中无法体现。

3 总 结

本文在对传统数据网格中主流的副本管理技术进行深入研究后,提出了一种基于数据网格的动态副本管理策略。在该副本管理策略中,本文先提出了一种结合文件访问次数和节点负载的动态副本创建方法,然后再此基础上提出了基于 GridFTP 的副本选择方法和结合副本创建时间、访问次数、副本文件大小 3 种因素的副本置换方法。另外,本文还在 OptoSim 模拟器中实现了该策略。通过仿真实验,证明该动态副本管理策略与 OptoSim 模拟器内置的 5 种副本管理策略相比,在用户对资源的访问具有时间相关性时有较大的性能优势。

由于 OptoSim 模拟器固有的局限性,本文所提出的基于 GridFTP 的副本选择方法并没有在仿真实验中体现出来,但是我们有理由相信我们提出的副本选择方法可以获得良好的性能以及较低的响应时间,并提供快速、高效的数据文件下载。

参考文献:

- [1] FOSTER I, KESSELMAN C. The grid blue print for a new computing infrastructure[M]. San Francisco USA: Morgan Kaufman Publishers, 1999.
- [2] FOSTER I. The anatomy of the grid: Enabling scalable virtual organizations[J]. International Journal of Supercomputer Applications and High Performance Computing, 2001, 15(3): 200-222.
- [3] 王意洁,肖依,任浩. 数据网格及其关键技术研究[J]. 计算机研究与发展, 2002, 39(8): 943-947.
- [4] CHERVENAK A, FOSTER I, KESSELMAN C. The data grid: towards an architecture for the distributed management and analysis of large scientific datasets[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2000, 23(3): 187-200.
- [5] RANGANATHAN K, FOSTER I. Identifying dynamic replication strategies for a high performance data grid[C]//In Proceeding of the International Grid Computing Workshop, Berlin: Springer-Verlag, 2001: 75-86.
- [6] BELLW H, CAMERON D G, CAPOZZA L. Simulation of dynamic grid replication strategies in OptoSim[C]//Proceeding of the 3rd International IEEE Workshop on Grid Computing (Grid 2002). London: Springer-Verlag, 2002: 46-57.
- [7] BELLW H, CAMERON D G, SCHIAFFINO R C. Evaluation of economy-based file replication strategy for a data grid[C]//Proceeding of the 3rd International Symposium on Cluster Computing and the Grid, Washington D C: IEEE Computer Society, 2003: 661-668.
- [8] 李东升,李春江,肖依. 数据网格环境下一种动态自适应的副本定位方法[J]. 计算机研究与发展, 2003, 40(12): 1775-1780.
- [9] 孙海燕,王晓东,周斌. 基于存储联盟的双层动态副本创建策略—SADDRESS[J]. 电子学报, 2005, 33(7): 1222-1226.
- [10] 蔡正林,杨瑜萍. 基于访问趋势的热点副本创建策略[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(12): 57-59.
- [11] ZAKIM J, WEIL J. Customized dynamic load balancing for a network of workstations[J]. Journal of Parallel Computing, 1997, 43(2): 156-162.
- [12] BELLW H, CAMERON D G, CAPOZZA L. OptoSim: A grid simulator for studying dynamic data replication strategies[J]. International Journal of High Performance Computing Applications, 2003, 17(4): 403-416.
- [13] 王璿,陈晶,孔令富. 用 Optosim 仿真数据网格中调度和复制优化策略[J]. 燕山大学学报, 2006, 30(3): 251-256.

frequent and the meridional airflow exchange was abnormally stronger than normal. It is useful for the southward motion of stronger cold air that the East Asia trough was abnormally strong. It is very important for the cold air stationary and durative moisture transportation in the south area of China that the west Pacific subtropical high was abnormally northward. It is necessary condition of durative moisture transportation that the plateau trough was abnormally strong. ③The main cause of inducing this seldom low temperature snow and ice weather in the south area of China was the abnormal position of abnormal atmospheric circulation. The meridional circulation of Ural blocking high was relatively bigger and the position of the East Asia trough was relatively northward and eastward so that the zonal airflow exchange was enhanced and the southward shift speed of cold air was simultaneously weakened. On the one hand, the relatively stronger subtropical high held up the rapidly southward shift of cold air mass. And on the other hand, it also made moisture transportation on the west side of the subtropical high stronger. It has very crucial influence on moisture transportation that plateau trough is stronger or weaker.

Key words the south area of China; seldom low temperature snow and ice weather; abnormal atmospheric circulation

* * * * *

(上接第 476 页)

A research of dynamic replication management strategy based on data grid

GONG Zheng-jiang^{1,2}, CAI Qing-chao¹, ZHANG Xue-jie¹

(1 Department of Computer Science and Engineering School of Information Science and

Engineering Yunnan University, Kunming 650091, China

2 Yunnan Yuxi Industry, Finance and Trade School, Yuxi 653100, China)

Abstract Replication management has become a hot research area in data grid. It has improved availability and fault tolerant of data in grid computing environment. This paper proposed a management strategy of the dynamic replication to the datagrid on the basis of deep research of the mainstream of replication management technology from traditional datagrid. Replication management strategy contains the creation method of dynamic replication that can automatically increase replication according to the frequency of the access file, the selection method of replication based on the GridFTP and the replacement method of the replication combined with the establishment time, access times and file size. The simulation experiments indicated that comparing the management strategy of dynamic replication with the five kinds of replication management strategy in the OptorSim grid simulator, the new strategy exhibited much more performance advantages with the resource access relate to time.

Key words grid; datagrid; replication management; OptorSim