

贸易地图生成软件并行处理方案的研究与实现^{*}

邵 飞 邸瑞华

(北京工业大学计算机学院 北京 100022)

摘 要 本文通过分析贸易地图生成软件的主要特征,找出软件运行的性能瓶颈,在此基础上制定了适合该系统的基于参数扫描分析的并行处理方案,并且在集群运行平台上实现了这一并行处理方案。系统运行结果证实,该方案缩短了生成贸易地图的时间,改善了系统的整体性能。

关键词 并行处理,参数扫描分析,贸易地图,消息传递接口

Research and Implementation of Trade Map Creation Software with Parallel Processing Solution

SHAO Fei DI Rui-Hua

(College of Computer Science and Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100022)

Abstract By way of analyzing the key character of the Trade Map Creating Software in this paper, a series of performance bottlenecks of it are located and studied when running, and put the parallel processing solution based on parametric sweep which is fittest for the system into practice on the cluster. It has been concluded that the proper solution can make the time of creating Trade Map shorter and the performance of the system better.

Keywords Parallel processing, Parametric sweep, Trade map, MPI

1 引言

随着现代科学技术的发展,大规模数据处理向人们提出了新的挑战,并行处理为成功地解决这些问题开辟了一条可行的途径。本文的研究对象——贸易地图生成软件是中国贸易业绩评价体系中的一个子系统,它从供给与需求相结合的角度出发,根据常规经济指标对海量进出口贸易数据进行计算并把分析结果以数据表、气泡图等直观形式表示。由于贸易地图生成软件的基础数据量大且逐年递增,贸易地图需按地区、按产品、按出口国别及企业的需求生成,数量极大,原有顺序生成贸易地图的系统已经无法满足性能的要求,需要改变软件运行方式来提升系统生成贸易地图的速度。为此我们采用并行处理技术,改变了贸易地图生成软件的系统结构,实现了基于参数扫描分析的并行处理方案,解决了生成贸易地图的效率和性能瓶颈问题。

2 贸易地图生成软件的性能瓶颈

对贸易地图生成软件性能瓶颈的分析是如何确定并行处理方案,选择何种并行编程模型的重要因素。因此,要改变该软件运行方式来提升系统生成贸易地图的效率,基础是把握该软件的主要特征,关键是根据系统主要特征找出生成贸易地图的性能瓶颈。

2.1 贸易地图生成软件的主要特征

2.1.1 基础数据特性

(1)基础数据具有海量性。

该软件的基础数据囊括了我国 31 个省市 14 大类产品的进出口数据,数据量现已达到 TB 级以上,并且逐年增长。

(2)数据之间相互独立。

基础数据之间耦合性、依赖性小。某省市某产品对应的要生成贸易地图的数据和某省市其余产品的数据之间没有联系,同时与其它省市产品的数据之间也没有联系。

(3)生成贸易地图时不存在数据交换。

该软件在生成贸易地图计算数据时,各省市各类产品数据之间不存在数据交换和消息传递。

2.1.2 生成贸易地图的特点

贸易地图是按照年份、类别、省市、产品以及企业的需求生成,种类多、数量大。贸易地图可分为出口贸易地图、进口贸易地图两大类,每一类又从不同角度细分为若干种类。贸易地图的个数是由年份、类别、省市和产品四个要素以及企业的需求确定的。

2.1.3 软件的运行机制

该软件的系统体系结构采用的是三层架构:界面显示层、业务逻辑层和数据层。界面显示层负责和用户的交互;业务逻辑层负责系统逻辑和进程控制;数据层负责加载数据和 Excel 模板。贸易地图是一种复杂的专业数据图表,完全用 Excel 图表工具生成,不能满足需求。因此用 Excel VBA 开发了适合贸易地图批量生成的 Excel 模板。系统运行机制如图 1 所示。

从图 1 可知,用户提交生成贸易地图作业后,就产生生成贸易地图的主进程。执行主进程需开辟一个包含地址空间和初始化信息的执行环境,主进程按照进程容器调用栈中保存的参数(年份、省市和产品等)循环从数据层取得相应的数据。每当取得一次数据,主进程就调用 Excel 模板,创建 Excel 进程。Excel 进程获得上下文执行环境和主进程按照参数传递的数据信息后,调用内部宏(VBA 代码)按照相应的数据信息生成贸易地图 Excel 报表,最后注销 Excel 进程,释放系统资

^{*}北京市科委项目:中国贸易业绩评价体系的研究与建立(课题编号:Z0004008040211)。邵 飞 硕士研究生,研究方向为并行计算和数据仓库;邸瑞华 教授,博士生导师,主要研究方向为分布式计算和分布式系统。

源。

从系统运行机制可知,批量生成贸易地图的过程就是生成贸易地图的主进程,按照调用栈中的参数循环从数据层取

数据,调用 Excel 模板,创建 Excel 进程的过程。因此,可以用并行处理技术在集群平台上并发处理生成贸易地图主进程的这些操作。

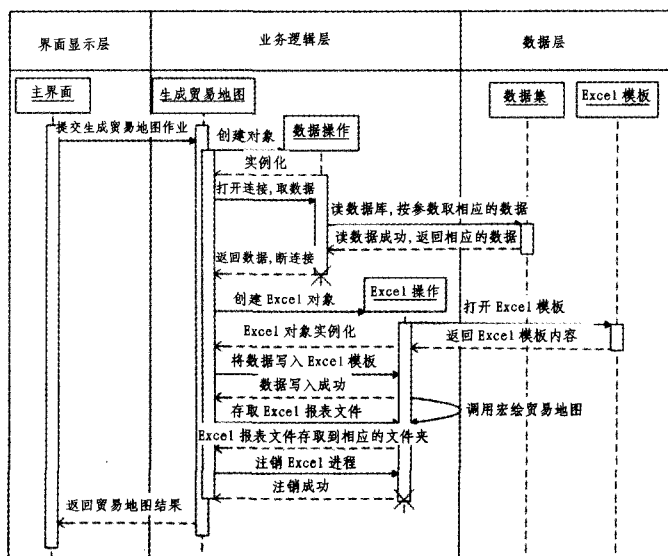


图1 贸易地图生成顺序图

2.2 确定性能瓶颈

根据对贸易地图生成软件主要特征的分析可知,系统性能瓶颈主要表现在两个方面:

- (1)生成贸易地图的数量;
- (2)执行单一生成贸易地图进程所耗时间。

生成一次 31 省市 14 大类产品出口国别地图,需要输出 434 张贸易地图报表,相当于产生 434 个生成贸易地图的进程。经过时间测试,每个进程执行完毕所耗时间是 13~15s,执行 434 个主进程,耗时是 1 个半小时至 1 小时 48 分钟。

如果多个企业同时需要国别级和城市级的贸易地图,或者定制自己需要的贸易地图时,生成贸易地图报表的数量在 6000 张以上,而且需求具有并发性。显然,这样的系统性能无法满足用户的需求,需要改变软件运行方式来提升系统生

成贸易地图的速度。

因此,用并行处理技术把负载分配到集群上的各节点进行并行计算,将提高系统执行效率,缩短生成贸易地图的时间。

3 基于参数扫描分析的并行处理方案

通过对贸易地图生成软件性能瓶颈的分析和研究,基于参数扫描分析(parametric sweep)的数据并行编程模型适合解决这类问题的性能瓶颈。数据并行编程模型通过并行处理将相同的操作同时作用于不同的数据,从而提高问题求解速度。参数扫描分析是并行执行多个串行任务的作业示例,这些任务并发运行,但是使用不同的输入和输出文件^[1]。任务之间通信一般很少,并发性是通过调度器实现的,调度器同时运行同一应用程序的多个实例。

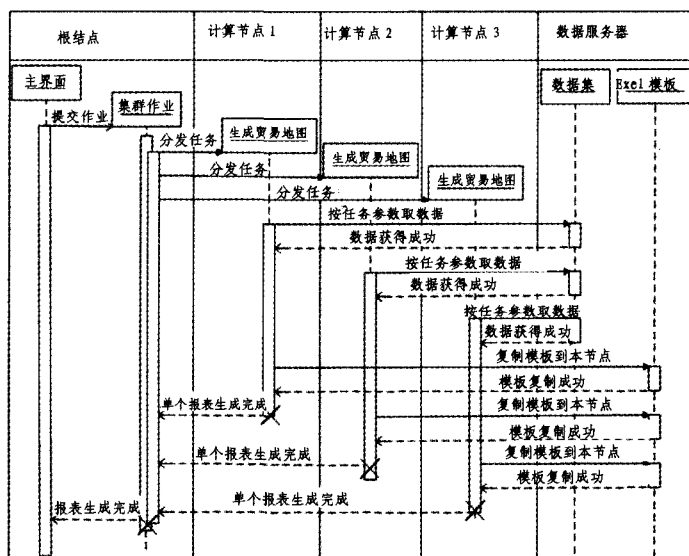


图2 集群结构和运行机制

因此,基于参数扫描分析的贸易地图生成软件并行处理

方案,很适合把该软件运行机制中取数据、调用 Excel 模板、

执行 Excel 进程等相同的操作同时作用于不同数据的过程,分解成不同的任务。通过调度器使同一作业的多个任务在集群平台上并行处理,从而提高生成贸易地图的速度。

3.1 构建集群高性能并行处理平台

本方案采用的是微软的 WCCS 2003(Windows Compute Cluster Server 2003)构建高性能集群并行处理平台。根节点控制和调解所有对集群资源的访问、添加或删除计算节点,以及查看作业和节点状态,充当计算集群的单一管理、部署和作业调度点^[1]。计算节点执行作业所包含的任务,集群结构和运行机制如图 2 所示。

从图 2 可知,根节点负责提交作业,产生生成贸易地图的主进程。以参数扫描分析策略把作业分成多任务,也就是产生多个生成贸易地图子进程并发给计算节点。子进程首先把 Excel 模板复制到本计算节点,然后按照原系统的运行机制中取数据、调用 Excel 模板、执行 Excel 进程等操作执行。各个计算节点上的任务完成后就删除本节点上执行的任务所对应的 Excel 模板,释放系统资源。

3.2 Excel 模板复制技术

如图 2 所示,生成贸易地图的子进程在计算节点上运行时,需要把数据服务器上的 Excel 模板复制到本地,然后按照原系统运行机制继续执行,这是由两个因素决定的:

(1) 避免 Excel 进程无法注销。

不同省市产品生成贸易地图任务在计算节点上运行时的子进程如果都调用同一个 Excel 模板,产生 Excel 进程,会造成系统中产生大量的 Excel 进程。由于每一个 Excel 进程都需要上下文环境,开辟地址空间,导致 Excel 进程抢占系统资源而无法注销。在同一计算节点上执行的任务越多,产生的 Excel 进程就越多,占用系统资源越多,容易造成系统瘫痪。

(2) 保证参数扫描分析输入文件的独立性。

按照参数扫描分析策略分发给计算节点的任务,需要保证每个输入文件相对独立、不存在依赖关系。采用 Excel 模板复制技术可以保证输入文件相对独立。Excel 模板复制技术的主要策略是在计算节点上运行某省市某产品的任务时,首先把 Excel 模板复制到本节点,作为该任务所需要的子模板,并在任务完成时,删除该子模板。

3.3 生成贸易地图的作业管理

当用户在集群上提交生成贸易地图的作业后,作业就会产生多个生成贸易地图的任务。任务结构由任务之间的依赖性和正在运行的应用程序的类型确定^[2]。任务可以是一个进程,也可以是多个进程。对于本方案,作业分发的任务是一个任务对应一个进程。各任务按照参数扫描分析的策略进行任务调度。

(1) 基于参数扫描分析的任务调度

参数扫描分析任务调度的关键是确定输入文件和输出文件。输入文件和输出文件是一对一的关系。输入文件一般是由输入参数来决定。不同输入文件所对应参数的内容相互独立。参数的个数也没有要求,可以是相同的个数,也可以是不同的个数,但要保证参数的值是不一样的。

生成贸易地图的作业分解成多任务后,按照参数扫描分析策略进行任务调度。输入文件是由不同省市的不同产品等参数所对应的不同输入数据和 Excel 模板组成的,输出文件是由输入文件所对应的任务执行结束后产生的包含贸易地图数据表和两种不同贸易地图的 Excel 报表组成的,如图 3 所示。

示。

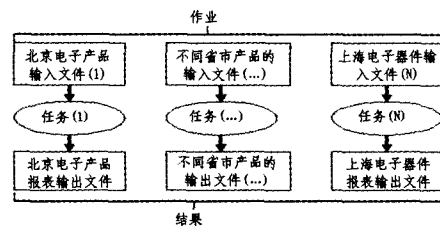


图 3 参数扫描分析任务调度策略

从图 3 可知,采用本方案后,把生成国别地图的作业在集群上根节点提交,会产生 434 个任务,并行执行的任务等于集群所有节点上处理器的总数。每个执行的任务都是独占节点上某处理器和所需系统资源,当该任务执行完后,就会从任务队列中取下一个任务,继续运行,直到所有的任务在集群上运行完成为止。如果某任务不可恢复的执行失败,那集群就会执行任务队列中的下一个任务。作业产生的所有任务顺利执行完成后,就有 434 个输出文件。这 434 个文件也就是所需要的 Excel 贸易地图报表。

(2) 参数扫描分析的具体实现

本方案的作业管理和任务调度程序是由 Compute Cluster Pack 应用程序编程接口 (CCPAPI) 编写的。通过使用这些接口编写应用程序或脚本,可以连接到集群并管理作业、作业资源、任务、节点、环境变量、扩展作业条件等^[1]。参数扫描分析按以下几个步骤实现:连接到集群、创建作业、创建任务、将任务添加到集群、提交作业/任务按参数扫描分析策略执行。

①连接集群:创建一个作业,定义运行该作业所需要的最小和最大的处理器的个数。连接集群,使用 `ICluster::Connect` 方法。使用 `ICluster::CreateJob` 方法创建作业。用下面的代码定义作业可获得处理器资源的最小和最大个数:

```
job.MinimumNumberOfProcessors = 1;
```

```
job.MaximumNumberOfProcessors=(int)(cluster.ClusterCounter.TotalNumberOfProcessors);
```

②创建任务:根据参数扫描分析策略,确定输入参数的个数,然后调用命令行执行。命令行的参数就是输入文件的不同参数,从而产生了不同的任务,也就是一个作业包含贸易地图总数的任务。创建任务使用的是 `ICluster::CreateTask` 方法。向作业添加一个任务,使用的是 `ICluster::AddTask` 方法。这一步骤保证了每个任务按照不同的参数值产生了不同的输入文件,而且每个文件是独立不相关的。

③把任务加入到作业后,提交给集群执行。在进行并行生成贸易地图的时候,每个节点上都会拷贝相应的 Excel 模板。使用 `ICluster::SubmitJob` 方法提交作业。

④在任务创建的 Excel 进程中执行 Excel 宏 (VBA 代码)。实现方法是在 Excel 进程中执行 `RunMacro` 方法调用 Excel VBA 程序执行。

4 参数扫描分析方案与 MPI 方案的比较

在对参数扫描分析方案的研究和实现时,我们同时对 MPI 方案进行了研究。MPI(Message Passing Interface)是一种消息传递编程模型,并成为这种编程模型的代表和事实上的标准。在消息传递模型中,一个并行程序由多个并行任务组成。每个并行任务相对独立,拥有自己的地址空间和数据

集,不与其它任务共享。各个并行执行的任务之间通过显示的消息传递来交换数据、协调步伐、控制执行^[3]。

在贸易地图生成软件中应用 MPI 并行编程模型,需要重新设计一个基于 MPI 的调度模块。由于把生成贸易地图作业分解成多任务后,各任务的执行相对独立,不存在通过显示的消息传递来交换数据、协调步伐,而在 MPI 模块中唯一可以控制的消息传递是对任务数量进行广播,这不是问题的关键。因此,在并行处理方案中选择何种编程模型,需要把握原系统的特征,确定系统性能瓶颈。同时也说明不是所有的问题都适合消息传递编程模型。所以贸易地图生成软件采用的是基于参数扫描分析的并行处理方案。

5 并行处理方案的性能评测

贸易地图生成软件并行处理方案性能评测的主要内容是:测加速比和并行效率。加速比和并行效率是最传统的并行算法评价标准,它体现并行机上运行并行算法,求解实际问题所能获得的性能。对求解具有相同规模的统一问题,并行算法加速比可定义为

$$S_P = T_S / T_P$$

其中 T_S 为最佳串行算法在单处理机上的运行时间; T_P 为并行算法在并行机上使用 P 台处理机所需时间。相应并行效率可定义为:

$$E_P = S_P / P$$

式中: P 为处理器数^[4]。本方案在测试时,保证了任务规模、机器硬件配置,以及其他环境相同。测试数据如表 1 所示。

由表 1 可知,并行计算随着节点数的增加,完成整个作业的时间明显缩短。但由于网络存在通信和延时的问题,造成相应的加速比值低于理想状态以及并行效率的下降。

结束语 本文通过对贸易地图生成软件主要特征的分析 and 研究,明确了系统运行性能瓶颈,把基于参数扫描分析的数

据并行编程模型应用到系统中,缩短了生成单个贸易地图的时间,提高了批量生成贸易地图的效率,改善了系统的整体性能。通过对并行计算方案的研究,探讨了数据并行中参数扫描分析任务调度策略的使用范围和特征,并且在集群上实现了这种任务调度策略,从性能测试数据证明达到了预期成果。最后还简要分析了 MPI 消息传递编程模型的使用特点。

表 1 并行方案性能测试表

测试次数	串行/并行(s/p)	CPU 个数	时间(s)	S_P	E_P
1	S	1	5642	1	1
	P	2	3241	1.7408	0.8704
	P	4	1999	2.8224	0.7056
2	S	1	6076	1	1
	P	2	3418	1.7776	0.8888
	P	4	2077	2.9254	0.7314
3	S	1	5680	1	1
	P	2	3192	1.7794	0.8897
	P	4	1987	2.8586	0.7147

参考文献

- 1 Microsoft Windows Server TechCenter. Using Windows Compute Cluster Server 2003 Job Scheduler. <http://technet2.microsoft.com/windowsserver/en/technologies/featured/ccs/default.mspx>, 2006,4
- 2 Chingchit S, Kumar M, Bhuyan L N. A flexible clustering and scheduling scheme for efficient parallel computation. In: 13th International and 10th Symposium on Parallel and Distributed Processing, 1999 IPSP/SPDP. Proceedings, Suan Juan, April 1999
- 3 张国晓,袁立强,徐炜民. 基于任务类型的集群调度策略. 计算机工程, 2004, 30(13)
- 4 李俊照,罗家融. 基于 linux 集群的并行计算. 计算机测量与控制, 2004, 12(11)

(上接第 252 页)

就是在更粗粒度上代表数据分布特征的点集,应用主曲线算法对更粗粒度上的点集进行识别,仍然可以得到对象比较完整的结构信息,从而达到理想的识别效果。在更粗糙的空间中运用主曲线算法对识别对象进行特征抽取,待处理的数据规模,主曲线算法的迭代次数以及生成的主曲线数据规模都成倍减少,从而极大改进了算法的执行效率。

总结 粗糙几何学将粗糙集理论应用于几何学之中,利用图形的上近似变换,以更粗糙的粒度构造并分析几何图形,带领我们进入了一个崭新的,更贴近实际的几何空间。本文上述章节着重介绍了粗糙几何学的研究动机和理论基础,并对其在脱机手写数字识别领域中的应用前景做了探索性的研究工作。

粗糙几何是崭新的几何学,其理论及应用的各个方面仍有待不断完善改进,但它开始引导人们在不同的粒度空间中审视传统的几何图形,以更新、更现实的视角来发现并分析几何图形的重要性质。粗糙几何学不仅具有深刻的理论意义,而且在图像分析,图像压缩以及模式识别领域具有广泛而直观的应用前景。

参考文献

- 1 马垣. 粗糙几何学. 计算机科学, 2006, 33(11A): 8
- 2 王国胤. Rough 集理论与知识获取. 西安交通大学出版社, 2001
- 3 张文修, 吴伟志, 梁吉业, 李德玉. 粗糙集理论与方法. 科学出版社, 2000
- 4 Hastie T. Principal Curves and Surfaces. Laboratory for Computational Statistics, Stanford University, Department of Statistics; [Technical Report 11]. 1984
- 5 张军平, 王珏. 主曲线综述. 计算机学报, 2003, 26(2): 129~146
- 6 苗夺谦, 张红云, 李道国, 王真. 基于主曲线的脱机手写数字识别. 电子学报, 2005, 33(9): 1639~1643
- 7 张红云, 苗夺谦, 张东星. 基于主曲线的脱机手写数字结构特征分析及选取. 计算机研究与发展, 2005, 42(8): 1344~1349
- 8 Yao Y Y. Granular Computing: basic issues and possible solutions. In: P P Wang, ed. Proceedings of the 5th Joint Conference on Information Sciences, 2000, 1: 186~189
- 9 Yao Y Y. Information Granulation and Rough Set Approximation. International Journal of Intelligent Systems, 2001, 16: 87~104
- 10 Skowron A, Stepaniuk J. Information Granules: Towards Foundations of Granular Computing. International Journal of Intelligent Systems, 2001, 16: 57~85