

基于角色任务分解的网格三维 GIS 漫游技术研究*

高劲松^{1,2} 吴沉寒² 胡金柱³

(华中师范大学信息管理系 武汉 430079)¹ (武汉大学遥感信息工程学院 武汉 430079)²

(华中师范大学计算机科学系 武汉 430079)³

摘要 本文提出了一种新型的网格任务分配模型。该模型将角色任务分解的网格计算思想和三维 GIS 漫游技术有机结合在一起,依据各种任务节点在网格中所承担的角色,将复杂的三维 GIS 漫游任务分解并交给承担不同角色的节点机协同完成,从而使只能单机处理的无序三维 GIS 漫游任务,现在能由多台机器依据各自角色实时有序地进行处理,该模型既解决了网络资源分配混乱、节点间通信缺乏管理等问题,又有效地解决了传统三维 GIS 漫游中由于三维数据量太大和处理复杂而产生的诸如三维漫游速度慢、要求服务器配置高、漫游时停顿等问题。

关键词 三维 GIS, 网格, 三维漫游, 角色任务分解

Research on Role Task Distribution Based Navigation Technique in 3D GIS Grid

GAO Jin-Song^{1,2} WU Chen-Han¹ HU Jin-Zhu³

(Department of Information Management, Huazhong Normal University, Wuhan 430079)¹

(School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079)²

(Department of Computer Science, Huazhong Normal University, Wuhan 430079)³

Abstract This paper proposes a new model for grid task distribution. This model combines Grid computing idea for role task decomposition with 3D GIS navigation technique. In this model, by decomposing the complicated computational task of 3D GIS into little blocks and assign them to many task node to complete cooperatively and synchronously according to the roles that these nodes take on, many computers can process according to their own roles the task real-timely and orderly which was originally disorderly done by only one computer. This model can solve not only the problems of disordered distribution of network resources and lack of management of communication between various nodes that exist in the traditional grid computation, but also such questions as poor 3D vagile speed, high request for server equipment and navigation intermission, which exist in traditional 3D GIS navigation and come of large amount of 3D data and complicated operation.

Keywords 3D GIS, Grid, Navigation, Role task distribution

1 引言

近年来随着计算机性能的提高以及网络技术的发展,使计算机网络思想的实现成为可能。所谓网格,是指将机群、超级计算机、大规模存储系统、数据库以及其他地理上分散的特殊仪器设备等所有的计算资源、存储资源、通信资源、软件资源、信息资源、知识资源等连接起来作为统一资源使用,从而能够方便快捷地解决各种复杂的问题^[1]。

三维 GIS 是当今 GIS 研究热点。由于三维 GIS 是现实世界在空间上的三维延伸,因此三维 GIS 需要对海量的空间数据进行处理、分析,还需实现三维模型和三维纹理处理和渲染。然而在三维漫游引擎中,如果对各种海量数据处理不当,将造成系统资源的巨大耗费,而且三维 GIS 场景中各种数据模型复杂、混乱无序。因此,如何实现高效有序的三维 GIS 数据资源的处理,成为三维漫游技术实现的关键。三维 GIS 技术和网格技术相结合是当今发展的必然趋势。在大多数网格系统中,因为讲究对等共享体制,所以各个节点的角色单

一,任务分工不明确。这种方式的优点是能够方便有效地增加或减少节点资源,但由于任务处理无序,任务分配算法会随处理任务的复杂度呈指数增长,所以以这种方式来处理三维 GIS 漫游中的海量复杂数据是不合适的。

基于上述原因,本文提出了一种新型的角色任务分解网格模型。该模型能将三维 GIS 漫游任务分解为适合 server 角色、work 角色和 client 角色处理的任务,其中具有 server 角色的网格节点主要针对三维 GIS 漫游中的矢量数据进行处理,具有 work 角色的网格节点主要针对三维模型的生成,具有 client 角色的网格节点主要完成最终的三维 GIS 的材质贴图 and 图形渲染。

2 网格计算中的任务分配

2.1 网格计算

网格计算又称为虚拟计算环境,或全球计算统一平台,是在元计算的基础上发展起来的,是 Internet 应用的新发展,是完成超级计算任务的一种新模式。网格试图实现互联网上所

* 本研究得到湖北省自然科学基金(2004ABA013)和武汉大学创新基金(2003-2005)资助。高劲松 副教授,博士生,主要研究方向:网格计算、地理信息系统及计算机图像处理。吴沉寒 博士生,主要研究方向:计算机图像处理、地理信息系统。胡金柱 教授,博导,主要研究方向:软件工程、数据库及计算机图像处理。

有资源的全面连通和共享。网络计算需要使用一套计算策略,以便把一个应用程序划分成多个子任务,然后由相应的任务管理程序将各种子任务分发给各个 node(子节点计算机)进行处理。网络是分布计算的一种形态,它追求的目标来源于人们对“电力网”的类比理解,人们希望从网络中获取“计算或服务”就像家用插头从电力网中获得“电能”一样方便^[2,3]。

2.2 任务分配

理想的网络计算应构建在当前所有的硬件和软件平台上,给用户提供一个完全透明的计算环境。对用户而言,它把同构、异构的资源变成了虚拟的同构计算环境^[4]。为此,网络计算应具有以下主要功能:

- ① 层次管理。确定所管理层次体系,决定管理信息流的流向。
- ② 通信服务。支持各种通信协议,提供较短的通信链路延迟、较高的带宽和可靠性。
- ③ 信息服务。可获得不断变化的各节点的状态信息。
- ④ 命名服务。提供全局域名服务,遵循国际通用的 X.25 标准和 Internet 上的 DNS 标准。
- ⑤ 文件系统。提供全局存储和分布式文件系统机制。
- ⑥ 安全认证。应包括登录认证和安全记帐机制。
- ⑦ 监视系统。监视各个子系统资源和运行情况。
- ⑧ 资源管理和调度。提供合理的资源调度方法,高效地利用各种资源^[5-7]。

在网络计算中,各种功能的实现需依托各个网络节点,这就要求各个网络节点应具有任务提交机制(client 角色)、任务分配机制(server 角色)和任务处理机制(work 角色),从而产生了三种任务分配方式:基于 client 的任务分配、基于 server 的任务分配和基于 work 的任务分配。这三种任务分配方式的主要功能如下:

- (1) 基于 client 的任务分配:提交各种任务请求,并将从 server 返回的数据处理结果交给用户。
- (2) 基于 server 的任务分配:对提交的任务进行分割并交由各个 work 进行处理,负责对各个 work 进行调度和通信处理工作,并将最终结果返回给 client。
- (3) 基于 work 的任务分配:对由 server 划分的各个子任务进行处理,然后将处理的结果提交给 server。

3 基于角色任务分解的网络三维 GIS 漫游模型

3.1 三维 GIS 漫游的基本处理过程

三维 GIS 漫游的实现可采用面向对象的编程技术,把三维场景中的任何地理空间实体都作为对象。其中,有些对象可作为容器,其他对象可作为子对象加入该对象中。而另一些对象只能加入到其他对象中,不能作为容器^[8]。三维 GIS 漫游实现的基本过程如图 1 所示。它通过构造出有关可视化对象的虚拟场景,并提供良好的人机交互能力,使观察者从不同视角和详略程度观察这些可视化对象,辅助人们分析、综合信息及信息之间的关系,减少理解和认知它们所需要的努力。在所有交互手段中,交互式漫游是一种重要的虚拟观测手段^[9]。

实时性和真实性是三维 GIS 漫游的重点和难点,所以对三维 GIS 海量数据的处理是关键。但当今大多数的基于 B/S 和 C/S 结构的 GIS 交互式漫游系统仅仅由单一的 PC 机和工作站进行处理,其处理速度依赖于服务器的性能。这里,采用

网络计算的任务分配策略,由网络集群中的 server 将任务分解,由各个 work 节点去共同完成。这样,既能加快三维 GIS 交互式漫游时对用户操作的响应速度,又可以提高机器的利用率。

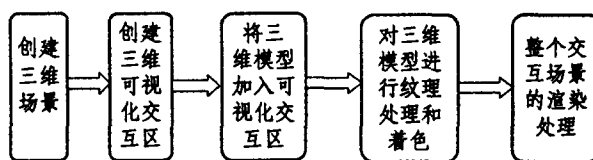


图 1 三维 GIS 漫游实现的基本处理过程

3.2 基于网络的三维 GIS 漫游的任务分解

一般大型并行计算在网络上以下三种分解方式。

第一种是按步骤分解。某些应用由一系列处理流程构成,可以将这些处理分布到网络上的不同并行计算机上,如同工厂的流水线。

第二种是功能分解。某些计算任务能够分解成相互基本独立的不同功能单元。例如,三维 GIS 模型可以分解为三维场景模型和三维地物模型,可分别在不同的计算机上处理,相互之间的数据传输不是很频繁。

第三种是按数据类型分解。三维 GIS 漫游中的基本数据类型有如下几类:

(1) 矢量数据,此类数据一般从相应的矢量数据文件中提取,主要有 DEM 数据、相关位置和坐标点等构成的 DLG 数据。

(2) 三维模型数据,此类数据主要是指能由三维处理应用程序处理的三维场景模型。

(3) 贴图数据,此类数据用于三维模型的材质贴图。

以上三种数据在数据量、数据格式及数据处理方式上存在极大的差异,其中矢量数据的处理需要强大计算处理能力的支持,而三维模型数据需要相应的三维应用处理程序。三维 GIS 漫游的性能主要取决于其对此三种数据的综合处理能力。

本文提出的技术方法和原形系统主要采用基于数据类型的任务分解方式,把网络中的所有节点依据处理任务的角色划分为 server 节点、work 节点和 client 节点。其中 client 节点是用户与网络系统的交互接口,用于响应用户请求、最终漫游场景的渲染生成以及二维贴图数据的处理等。work 节点主要是三维模型处理节点。各种位置数据、模型点坐标数据都在 work 节点中用相应的三维应用程序进行处理并生成相应的三维漫游场景模型。server 节点主要是算法和数据处理节点,场景漫游中的各种前期数据和交互式信息均由 server 节点进行处理。

合理的任务调度是实现三维 GIS 漫游的另一个技术难点。鉴于网络环境中各种设备的异构特性,以及每台处理设备能够自我管理和自我均衡,同时考虑到不同应用的任务不确定性,因此很难采用静态调度策略,宜将动态调度作为首选。但是,由于动态策略在异构平台上对数据依赖性较大,极有可能导致速度最慢的处理器成为整个系统的性能瓶颈^[10]。因此,对于网络系统的异构平台,本模型采用动静结合的调度策略,其中数据多样性的问题通过在每一个可识别的静态项之间重映射数据和计算来实现,并采用 server、client、work 三者分离的任务调度方式,实现在不同节点上对 CPU 资源和内存资源进行有效的管理控制,当某个节点上的资源达到某一

临界值时,则暂停对该节点资源的分配。

3.3 三维 GIS 漫游网格模型实现

为实现上述的处理过程,我们在构造实验系统时,采用了 Java 编程语言。系统中用户可通过虚拟机提供的标准接口访问异构资源,而标准接口的具体实现由各异构资源提供者负责落实,因此用户感觉不到请求的资源的异构性。利用 Java unicode 在不同操作系统上的特性,将 Java 源程序转化为本地的机器代码通过 Java 虚拟机执行,从而实现了 Java 程序的平台无关性。对于逻辑与物理的 Java 映射,本文模型在网格系统中把物理资源都映射成逻辑资源,网格成为逻辑共享资源的集合。一个或多个物理资源既可以映射到一个逻辑资源上,一个物理资源也可映射为多个逻辑资源。用户通过访问逻辑资源的形式间接访问物理资源,由映射关系负责屏蔽资源的异构性。

表 1 三维 GIS 漫游网格模型中各个 Java 类包

主要 Java 包名	实现功能
org. wuhan. gis. grid. admin	总体上对各个网格节点进行管理设置
org. wuhan. gis. grid. client	实现网格节点的客户端和进行客户端设置
org. wuhan. gis. grid. cmd	对三维 GIS 漫游的交互式命令进行处理
org. wuhan. gis. grid. gui	客户端交互式 swing 界面生成
org. wuhan. gis. grid. message	client, server, work 之间通行协议和规则实现
org. wuhan. gis. grid. server	实现网格节点的服务端和进行服务端设备
org. wuhan. gis. grid. util	工具包(各种转换函数和转换工具)
org. wuhan. gis. grid. vfs	实现令牌认证功能和令牌管理功能
org. wuhan. gis. grid. worker	实现网格节点的工作端和工作端的实现

本系统按照 server、client、work 这三种任务分配方式划分任务模块,其中所有的任务模块都由 Java 语言实现,其主要的任务模块如表 1 所示。系统中最主要的任务模块为 server 模块(由 org. wuhan. gis. grid. server 包实现)、client 模块(由 org. wuhan. gis. grid. client 包实现)和 work 模块(由 org. wuhan. gis. grid. work 包实现)。这三个模块都由网格中一个称为 GridNode 的基本节点任务模块衍生而来,其结构如图 2 所示,它的主要功能是实现网格中最基本的资源共享、通信处理和任务分配功能,主要操作函数为:

- (1) GridNode(GridNodeConfig cfg) 函数,用于构造 GridNode 对象;
- (2) getNodeConfig() 函数,获取节点的设置信息,并将其存入 GridNodeConfig 对象;
- (3) setNodeConfig(GridNodeGenericConfig cfg) 函数,设置网格节点的各种参数信息;
- (4) start() 函数,启动网格节点及相应的服务(包括日志服务和 socket 通信服务等);
- (5) stop() 函数,停止网格节点及相应服务。

各个 GridNode 自带日志、任务调试和各种服务,在网格系统中可看作一个独立的单元。这样网格计算任务能够分解成相互基本独立的不同功能单元并交由任务不同的 GridNode 进行处理,以达到分布式计算的目的。各个 GridNode

间由 org. wuhan. gis. grid. message 类包中的各个消息类联系在一起,实现相互的通信和控制。org. wuhan. gis. grid. client 类包是在 GridNode 的基础上增加了用户交互式通信接口和 GIS 三维场景后期渲染接口(包括二维贴图材质生成接口、灯光处理接口、远景模糊处理接口等)而衍生出来的。org. wuhan. gis. grid. worker 类包是在 GridNode 的基础上增加了三维 GIS 模型生成接口(包括三维地形生成接口及三维房屋生成接口等)而衍生出来的。org. wuhan. gis. grid. server 类包是在 GridNode 的基础上增加矢量数据处理接口(包括最短路径生成接口及 DEM 网格处理接口等)衍生出来的。这样通过 GridNode 衍生的新网格节点相当于在传统网格节点的基础上对三维 GIS 漫游任务进行了优化处理。

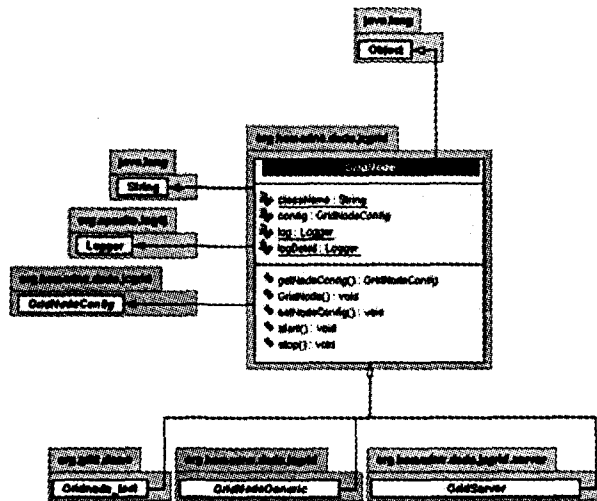


图 2 GridNode 类结构

4 实验与分析

4.1 系统实验

本系统使用 20 台 PC 机在局域网环境下进行实验,一台安装 client 端、server 端和 work 端,另外 19 台安装 work 端(原因是三维模型的生成处理需要消耗大量系统资源,故 work 节点较多),其结构如图 3 所示。由于系统是基于 Java 开发环境的,可跨平台使用,因此实验机的操作系统既可安装 Windows 操作系统也可安装 Linux 操作系统。另外在这 20 台 PC 机上还安装了 Globus 软件,其中一台为客户端,19 台为服务端,在客户端上安装了单机运行的三维 GIS 漫游应用程序。图 4 是实验系统的三维 GIS 地形漫游效果图。

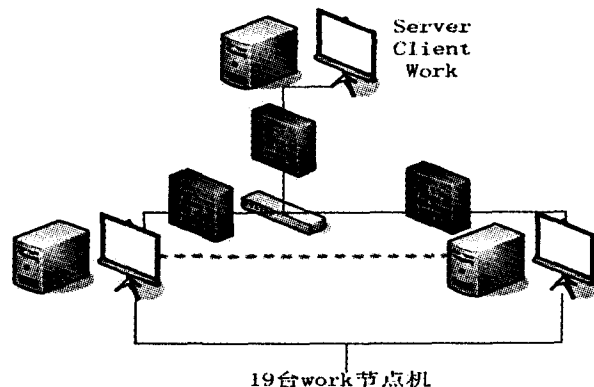


图 3 实验系统结构



图4 三维GIS地形漫游效果

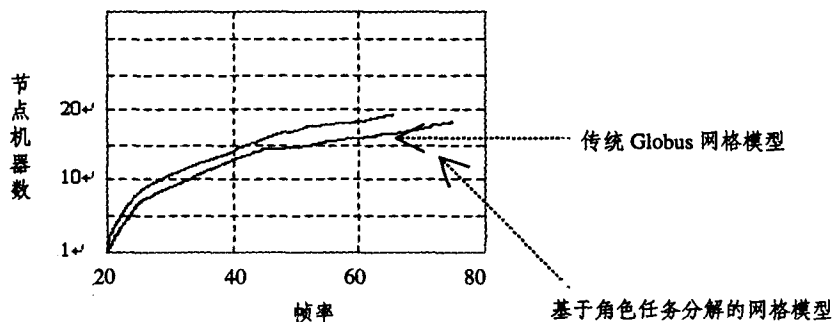


图5 基于角色任务分解的网格模型及传统 Globus 网格模型渲染速度与节点机器数的关系曲线

结论 基于角色任务分解的网格模型较好地解决了传统网格模型因需要满足各个领域分布式计算的需要,而在三维GIS专业领域中无法针对该专业领域的数据处理进行有效的处理的弊端。角色任务分解技术的运用,把传统的网格任务分解方法带进了具体专业领域中。该技术依据不同的数据类型和数据处理方式把三维GIS网格漫游任务分配给 server、client、work 三种类型的节点协同处理,既有效地支持了大容量数据又加快了数据的处理速度。尽管所实现的网格模型显示出较好的效果,但在进一步的应用研究中,希望该网格模型不仅仅局限于三维GIS场景漫游中,而能应用于三维GIS技术的处理和分析等方面。

参考文献

- 1 夏曙东,李琦,承继成. 空间信息格网框架体系和关键技术分析. 地球信息科学, 2002(4): 30~35
- 2 王意洁,肖依. 数据网格及其关键技术研究. 计算机研究与发展, 2002, 39(8): 943~947
- 3 <http://www.globus.org/>, [EB/OL], 2003
- 4 Tuecke S, Czajkowski K. Open Grid Services Infrastructure, [EB/OL]<http://www.ggf.org/ogsi-wg>, 2003
- 5 Lyster P, Bergman L, Li P, et al. CASA Gigabit Supercomputing Network CALCTUST Three-dimensional Real-time Multidataset Rendering. In: Proc. of Supercomputing' 92, 1992
- 6 Baker M, Buyya R, Laforenza D. The Grid: International Efforts in Global Computing. In: Intl. Conf. on Advances in Infrastructure for Electronic Business, Science, and Education on the Internet (SSGRR'2000), Italy, 2000
- 7 Foster I, Kesselman C, Tsudik G, et al. A Security Architecture for Computational Grids. In: Fifth ACM Conf. on Computers and Communications Security, 1998, 11
- 8 杨克俭,刘舒燕,陈定方. 分布交互三维视景行为-特征建模方法研究. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 12(11): 846~850
- 9 黄文静,唐龙,唐泽. 圣体绘制及三维交互技术在地质数据可视化中的应用. 工程图学学报, 1998 (3): 60~66
- 10 Foster I, Kesselman C. The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1998