第32卷 第13期 计 算 机 工 程 2006年7月
Vol.32 № 13 Computer Engineering July 2006
·软件技术与数据库· 文章编号：1000—3428(2006)13—0032—03 文献标识码：A 中图分类号：TP273+.5

地形可视化服务框架设计及其关键技术研究

朱 军，龚建华，张健钦，吴 娴
(中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室，北京 100101)

摘 要：以地形可视化服务为目标，建立地形可视化服务框架，研究服务运行机制、数据资源代理和服务管理等关键技术。该文研究了Java环境下的地形实时可视化程序设计和细节层次模型简化等关键问题，设计和实现了一个简单的应用案例，给出了实际测试的结果，验证了该框架的有效性。

关键词：服务；地形可视化；网格；细节层次模型

Study on Visualization Service for Terrain Data Based on Grid

ZHU Jun, GONG Jianhua, ZHANG Jianqin, WU Xian
(State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

【Abstract】 This paper focuses on terrain visualization service and proposes its service architecture. Meantime we also study on the implemention mechanism, data management and service management in system. Several key problems, such as program design and LOD (level of detail) algorithm, are discussed to improve real-time rendering efficiency under Java environment. Finally, the paper designs and implements a prototype system, which show that the algorithm is practical and efficient.

【Key words】 Services; Terrain visualization; Grid; Level of detail (LOD)

在地学领域，随着GIS(Geographic Information System)、GPS(Global Position System)和RS(Remote Sensing)技术的发展，DEM数据和遥感影像数据分辨率越来越高，空间数据日益丰富。然而由于受传统单一的数据购买服务模式等的限制，大量数据被闲置未被利用或利用效率很低，故以多元化的服务方式来满足各种用户的需求，快速方便实现数据共享就变得很有意义。而网格是一种集成的资源和服务环境[1]，它的目标是实现互联网上所有资源的全面连通和共享[2]，开放网格服务体系结构(Open Grid Services Architecture，OGSA)将Globus标准和商业的 Web 服务标准相结合，把网格集成的资源以网格服务的形式提供给外界使用[4,5]，从而实现更方便的信息共享和互操作[6]，因此网格技术为地形数据的共享和应用提供了新的技术途径。

网格技术在地学领域的应用目前已经有一些研究，如空间信息网格项目。虽然这些研究取得了一些进展，然而在如虚拟地形环境等一些特定方向的研究还不够深入。三维虚拟地形在地学领域占有很重要的地位，它是对现实地理环境的表达和模拟，可用于地学数据的分布式存储、管理与共享，可让用户在三维虚拟空间中，进行三维空间探索与空间分析，实施交流交互、协同工作等操作，其可应用于作战仿真、娱乐与游戏、土地管理与利用等领域[7]。基于Grid服务体系，本文重点研究地形可视化服务框架设计及其关键技术。

1 服务框架设计和关键技术研究

1.1 与传统网络可视化的区别

要建立基于网格的地形可视化服务系统，需要先与传统的网络可视化进行比较，它们的区别主要表现在以下几个方面：

(1)软件结构上不同：本文的地形可视化服务是基于网格环境组建的，是网格技术在地形可视化领域的应用，而网络可视化建立在目前的Internet上；

(2)功能上不同：本文的地形可视化服务强调通用资源的共享；而网络可视化则只强调数据的网络共享，其共享的规模和深度都受到限制；

(3)实现方法不同：本文的地形可视化服务是在目前的网络可视化的基础上，应用网格技术建立起一个网格环境，建立在目前网络基础上的网格环境被叫做第3代Internet，它的实现利用多种学科与技术，因此其功能也十分强大；

(4)服务模式不同：传统网络可视化的使用必须购买其软件和数据，而实际应用中很多用户仅需要其中一部分软件功能，数据使用也可能是一次性的，因此会造成很大浪费。而地形可视化服务提供给用户的是“服务”，因此能够很好地解决上述的问题；

(5)不相互冲突性：实际上，它们可以一起发展，利用目前的网络可视化技术和网格技术，可较好地实现地形可视化服务。

1.2 地形可视化服务整体框架体系

本文基于OGSA进行整个系统框架结构设计。在虚拟地形可视化服务体系中，根据组成系统各个部分的作用，可以把整个系统分为3层：应用层，服务层和资源层。

1.2.1 资源层

最下面的资源层是整个系统的基础，基本的资源类型可分为：

基金项目：LIESMARS 开放研究基金资助项目(WKL(04)0302)；国家科技攻关计划基金资助项目“小城镇信息化关键技术研究”(2003BA808A16-4)

作者简介：朱 军(1972—)，男，博士生，主研方向：地理信息系统，虚拟地理环境；龚建华，研究员、博导；张健钦、吴 娴，博士生

收稿日期：2006-02-12 **E-mail：**vgezj@163.com

(1)硬件资源如计算资源、存储资源、网络带宽资源等；

(2)数据资源，如地形高程数据、遥感影像和三维物体模型等；

(3)模型算法资源，如数据预处理模型，细节层次模型和预测模型等。这些资源在逻辑上是孤立的，分布在地理位置分散的各个节点中，共同组织成一个虚拟的资源环境，根据资源的不同特征，可将其封装成网格服务，通过网格基础平台，实现广域计算资源的有效共享。

1.2.2 服务层

建立在资源层之上的服务层是整个系统核心，可以被看作是一组可以动态扩展的服务，这些服务通过不同的方法聚合在一起以满足虚拟组织的需求。一系列的管理工具和协议规范在这里被定义来实现在资源层中所有资源的共享，整合和协作。资源的信息注册在 UDDI 注册机构中，以 WSDL 的形式驻留在服务器上。通过网格的资源代理，把所有资源组成一个虚拟的资源数据库。资源代理与服务节点之间通过 SOAP 消息进行信息交换，从而实现分布异构环境下的互操作性。资源代理借助于 UDDI 动态注册机制实现对分布资源的查询，动态生成虚拟的服务，自动查询所需的简单服务并在相应的服务节点上创建服务实例，对服务实例进行实时监控，实现了对任务的调度和容错，收集、合成各简单服务返回的结果后，以友好简洁的界面反馈给用户，使用户无缝、透明地访问分布式构环境下的网格服务资源，从而保证了服务资源能够被正确、高效地调用。

1.2.3 应用层

应用层直接面向用户，用户可以是资源的使用者，也可以是资源的提供者。用户与网格服务节点是松散耦合的，它们之间的联系是通过 WSDL 服务描述文件来完成，在本文件中，描述了服务的接口、服务的调用方法以及服务调用同底层通信协议的绑定情况。用户得到 WSDL 服务描述文件后，就可以根据本文件生成的服务调用的 stub，并通过本 stub 来完成对服务的调用。通过 WSDL，实现上层服务调用与底层通信协议的分离。服务提供者可提供多种服务调用与底层通信协议绑定的方法，客户端可以在这些方法中选定一种绑定来完成服务调用。所有服务都封装到网格中间件中，对用户来说，不需知道网格操作的存在，网格服务对用户而言是透明的。

服务总体框架如图 1 所示。

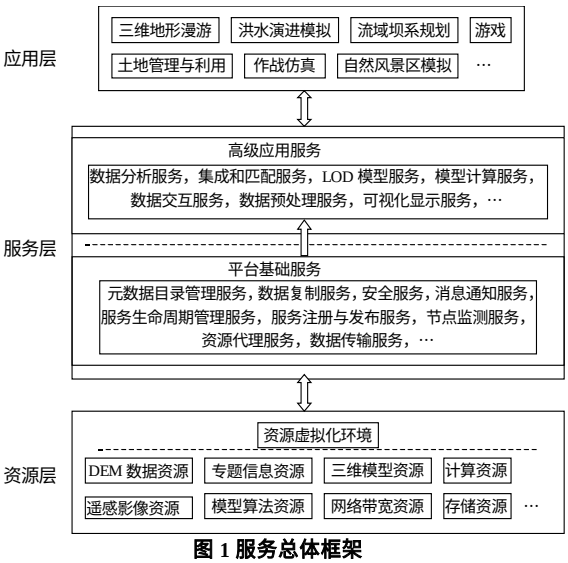

图 1 服务总体框架

1.3 运行机制

在网格服务的架构中，主要包含 3 种角色，即服务提供者、服务请求者和服务目录。基本的操作有发布、查找和绑定。整个系统的运行机制如图 2 所示。用户既可能是服务提供者，也可能是服务请求者。服务提供者可以向目录服务器进行服务和资源注册，通过目录服务管理提供以统一的接口来进行服务发布。服务请求者只需要访问一定的 Web 端口就会被定向到目录服务器，用户可以在所显示的所有服务中选择自己需要的服务，经过一系列网格操作后，结果将被返回。在整个过程中，网格操作对用户是透明的，用户不需要知道其资源来自什么地方，只得到网格服务产生的结果。

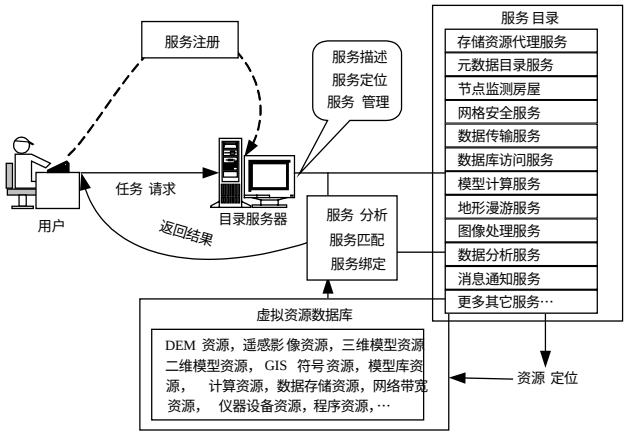

图 2 服务运行机制

1.4 关键技术

在地形可视化服务中，服务和地形数据资源管理是最最重要的组成部分，它们决定着整个系统的成败。下面深入开展对服务体系中的数据管理和服务管理的探讨。

1.4.1 数据资源管理

数据资源进行管理的核心就是一系列的网格服务，如元数据目录服务、数据复制服务、数据访问服务、数据存储服务、数据定位服务等，各个服务关系结构如图 3 所示，其中最为关键的是元数据目录服务[8]，所有的服务都使用元数据目录中存储的信息，并通过目录服务来访问元数据，各服务之间可以相互调用。元数据用于描述资源、方法、数据集和用户的信息，它负责维护异构环境中各种系统实体的信息，本文结合网格和GML (Geography Markup Language) 来统一结构对元数据进行描述。

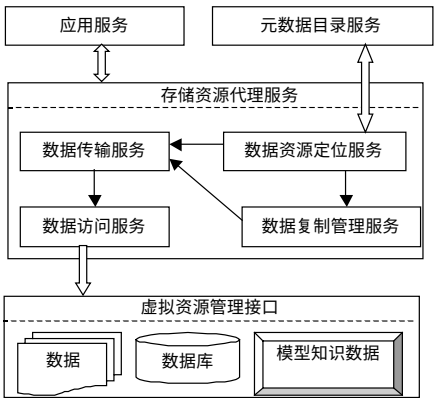

图 3 数据资源管理

元数据目录可为用户身份认证、数据定位、访问控制、数据复制等提供支持。元数据的管理包括元数据的命名、发布和访问，并为用户提供统一的访问接口。元数据可以分为

系统元数据、副本元数据和应用元数据。系统元数据主要包含网络互联情况、存储系统的容量和使用策略等网格自身结构信息；副本元数据主要包含文件与具体存储系统之间的映射信息等数据副本信息；应用元数据主要包含数据的内容和结构、获取数据的必要条件等与具体应用相关的文件的逻辑结构或语义信息。

1.4.2 服务管理

根据服务组件功能和接口的不同，所有网格服务都被分类封装成“虚拟服务”，并对外提供统一的标准接口，与具体的网格资源和服务句柄对应的服务组件被称为“物理服务”。虚拟服务屏蔽了服务底层实现细节，降低了用户使用网格的难度，而物理服务在通用服务请求代理进行服务调用时用到。在服务管理环境中，用户不需要关注具体的物理细节与编程技巧，只需通过信息服务查询平台上的虚拟服务，简单配置服务之间的上下文关系，构造出逻辑的任务处理应用。用户交互界面根据生成的逻辑应用将需求转换成平台识别的工作流语言，驱动服务工作流引擎执行应用。服务工作流引擎解析工作流语言，根据服务之间的映射关系和服务上下文作出判断，进行服务的查找和匹配，确定具体的物理服务，然后通过服务请求代理进行服务调用完成所需要处理的应用任务。服务管理的关系结构如图 4 所示。

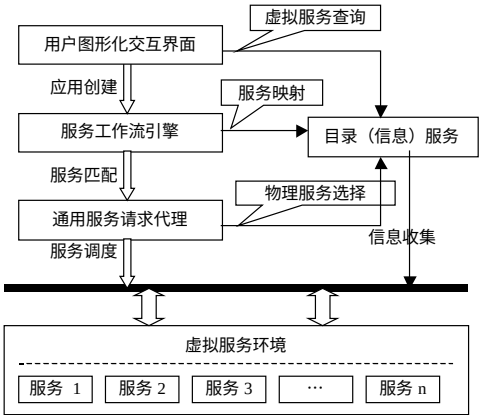

图 4 服务管理

2 地形可视化技术

2.1 地形可视化基本流程

地形可视化基本流程如图 5 所示。地形可视化基本的表示方法分为有不规则三角网（TIN）、规则格网（GIRD）以及混合模式 3 种。

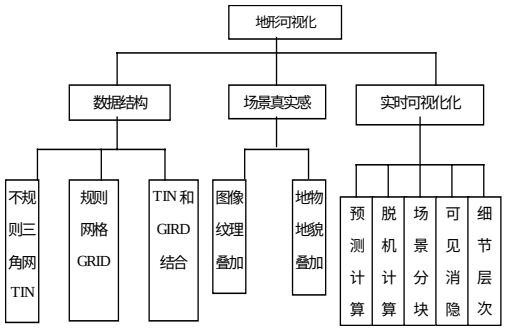

图 5 地形可视化基本流程

实际应用中可根据具体情况来选取不同的数据结构来建立地形。一般来说，小地形场景可采用 TIN 来建立，这种方式比较灵活；而在地形数据量较大时采用 GIRD，其在场景简化时算法简单、容易实现。要进行实时渲染，需要对地形场景数据进行处理，基本的方法包括预测计算、脱机计算、场景分块、可见消隐、细节层次模型等，本文使用文献[9]的地形简化算法来进行本地数据的实时可视化显示。为使三维地形表达具有真实感，除了利用光照技术使三维地形有明暗显示外，还必须通过添加图像纹理(如叠加卫星照片、彩色地形图等)、分形纹理(利用分形产生植被和水系等)和叠加地表地物(道路、河流、建筑物等)等手段来增强效果。

2.2 可视化程序设计

网格技术虽然能够支持虚拟组织内各种资源的广泛共享，但其发展方向并没有针对实时仿真技术，由于跨平台的要求，OGSA主要支持Java语言，对C语言的支持还比较薄弱[10]。

与 C++相比，Java 语言在性能效率上较差，且 Java 语言直接支持的 Java3D 或 VRML 等三维图形开发包太高级，难以实现有效的 LOD 模型简化，实现大数据量地形实时漫游。出于性能的考虑，本文使用 C++和 OpenGL 来进行三维地形后台模型计算，用 Java 界面来进行前台显示，其可视化流程见图 6。C++通过 Java 本地方法接口获取数据与可视化状态参数，经过 LOD 模型计算后，最后由 OpenGL 绘制地形，再经过 Java 本地方法接口，把三维图形显示在用户前端界面。在 Java 端，通过 Java 本地方法接口，实现与 DLL 中的函数通信，图形界面负责三维显示，数据接口负责把地形数据和参数传递给 DLL。在整个系统中，用户前端界面及与网格服务的获取都由 Java 实现，而可视化性能优化算法则由 C++与 OpenGL 完成，从而提高了可视化效率。

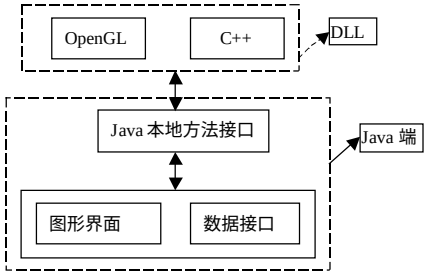

图 6 可视化流程

3 一个地形可视化服务原型系统

本文基于 Globus toolkit 3.2、Java、C++和 OpenGL 设计和开发了一个初步的原型系统。图 7 是原型系统的功能设计，主要包括 2 个部分：网格服务平台和客户端程序。

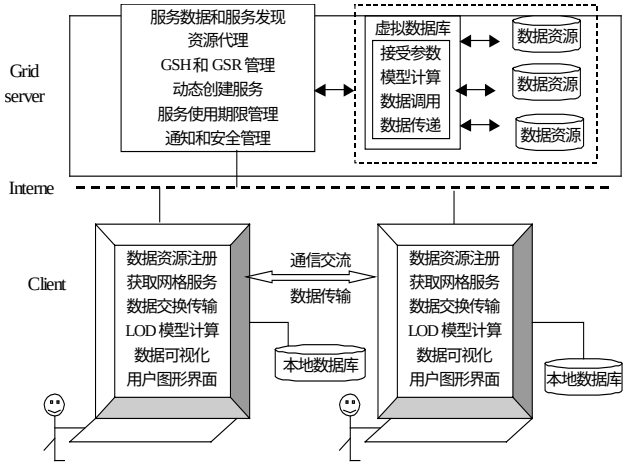

图 7 原型系统功能设计

通过提供的客户端程序，资源提供者可以向服务器注册

（下转第 37 页）