

# 基于中间件技术的网格GIS体系结构

骆剑承 周成虎 蔡少华 裴韬 郑江 鲁学军 龚建华

(中科院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

张良培 熊汉江

(武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉 430079)

**摘 要:** 在网格计算技术和空间信息网格(SIG)架构下, 本文提出基于中间件技术的网格GIS的体系结构, 探索其将空间数据、分析软件和计算环境作为共享资源的新一代GIS的组织体系与运行模式, 以及如何利用中间件技术来实现联邦空间数据库、空间计算环境和虚拟地理环境等网格GIS中的前沿关键技术。

**关键词:** 中间件; 网格计算; 空间深度计算; 空间主动计算; 网格GIS

**中图分类号:** P208; TP39

## 1 引 言

计算机网络技术的发展已经历了分别以 Internet 和WEB 为代表的两次浪潮<sup>[1, 10, 12]</sup>。目前, 新一代的网格技术也已逐渐成为新一代计算机网络技术发展的主流。在基于网格技术的网络环境下, 互联网应用更加强调网上各种资源的共享与互操作性, 这种发展趋势对当前各种形式的地理信息系统(GIS)在今后的发展, 必将会产生越来越深刻的影响。纵观当前GIS的发展, 随着其结构与功能复杂性的不断增加, 传统的整体化结构与集中式控制的设计运行方式, 已越来越显示出其自身固有的局限性。从整个未来软件的应用模式的发展趋势看, GIS的设计必然会越来越向着网络化、个性化以及智能化等方向发展<sup>[1]</sup>。对于广大GIS用户, 这种发展趋势将主要体现在基于网络迅速建立各种更为丰富的GIS分布式应用的需求将会十分迫切, 这些应用不仅要实现对空间数据共享的支持, 而且对于空间信息共享以及对各种空间信息处理与分析功能的共享也应能提供相应的支持, 最终实现在整个GIS应用环境中, 各个层次间的协同工作机制。

中间件(Middleware)技术作为存在于系统软

件与上层应用之间的一个特殊层次, 是未来网格计算的核心<sup>[10]</sup>。它抽象了各种传统典型的应用模式, 从而使应用软件制造者可以独立于中层常规应用与低层系统功能实现, 而更多地思路集中在具体的业务逻辑实现中, 并基于标准化的形式进行开发, 这样就使软件构件化的推广与应用成为可能。随着一些相关工业标准的推出, 中间件软件设计模式必将成为可复用软件构件的运行框架, 并进一步推动构件应用进程。在GIS领域中, 统一并制定网格GIS中间件的各种标准并进行规范化的开发, 将会彻底改变传统GIS系统的体系结构和应用模式, 使基于网络环境下的空间数据处理和跨平台计算、多用户空间数据同步处理、异构系统间的互操作以及多级分布式系统协同工作等功能实现成为可能, 并将使GIS从传统的提供具体GIS软件转变为根据需求提供具体的GIS功能服务, 从而在进一步推动空间信息资源共享的基础上, 满足日益增长的多层次、多样化空间信息应用的需求。

本文提出的网格GIS的组织体系与结构, 主要是针对如何利用中间件软件的技术特点来设计新一代GIS软件体系结构的逻辑模型, 以满足今后空间信息系统在数据分布、功能分布、信息共享、异构

收稿日期: 2002-05-15。

基金项目: 国家自然科学基金项目资助(40101021), 中科院地理科学与资源研究所知识创新项目(CXDG-D00-06) [Foundation Item: National Natural Science Foundation of China, No. 40101021; Innovation Project of IGSR, No. CXDG-D00-06]

作者简介: 骆剑承(1970-), 男, 博士, 副研究员。主要从事空间计算与地学图像理解研究。发表论文30余篇, E-mail: luojc@lreis.ac.cn

系统互操作、多系统协同工作等方面的功能需求。针对规模日益庞大、结构日趋复杂的 GIS 应用软件,一方面,设计良好的基于中间件的系统逻辑模型,对提高实际应用系统中各关键功能部件的开放性、可集成性以及运行效率将起到极大的推动作用,同时,利用基于 WebService 技术下中间件提供的 GIS 功能服务,将网络计算资源整合起来,比如象联网计算机的处理器、存储器等物理或逻辑设备。在这些基础上,彻底改变传统 GIS 软件系统的集成与运行模式,将实现面向空间信息服务的 GIS 系统目标。

本文首先对网格计算与空间信息网格体系架构进行基本的阐述,在此基础上探讨网格 GIS 的一种可行的实现架构——中间件技术,最后提出了网格 GIS 的完整组织体系与结构设计,并分别根据空间数据组织、空间信息处理与分析以及空间交融等 3 个方面的技术实现进行了相应的论述。

## 2 空间信息网格以及中间件技术的发展

### 2.1 网格计算与空间信息网格(SIG)技术

网格计算是一种利用互联网把广泛分布的各种计算资源互连在一起的新型技术,这些计算资源可以包括各种实体对象,比如超级计算机、计算机集群、存储系统以及可视化系统等等。目前,网格技术被看作是继传统因特网、Web 之后的第 3 次互联网浪潮,也被称为第 3 代因特网应用,其主要特点是通过提供资源级的共享,从而消除信息孤岛、实现应用程序在更高层次上的交互与协作。一方面,网格与传统的计算机网络不同,计算机网络实现的是一种硬件或者是应用程序之间低层的连通,而基于网格,程序间高层次应用层面的连通可以实现,比如利用网格技术可以很方便的实现其上多个不同计算节点,对同一个项目的协同处理。另外,网格是基于具体的国际开放技术标准的,这区别于一般行业、部门的软件产品。再者,网格可以提供动态的服务,因此具有能够自适应变化的能力。除了对基本的数据层面计算提供支持以外,为了实现更高层次的计算,比如从基本的数据中获取更多、更深层次的信息,更好的模仿人类对数据和信息的智能处理方式,目前,在网格计算的研究上对信息与知识孤岛的消除、实现对它们的共享也已成为一个研究的侧重点。因此,目前网格计算主要可以分为计算

网格、信息网格与知识网格 3 个层次<sup>[4,10]</sup>。

网格技术的出现很大程度上是现代各种科技共同发展的一种必然结果。从生物领域的后基因组计划的解读;到高能物理领域更深层次物质结构的研究;到哈勃望远镜所获取的大量宇宙数据;再到气象、地震预报预测,在这些重大科学领域所存在的大量计算问题,促成了科学家决定要利用高速网络将分布在世界各地的计算资源相互连接起来,协同完成某些庞大的计算难题。因此,网格计算的概念一经提出,很快就受到了世界各国政府及相关组织的高度重视。在政府方面,目前很多发达国家都已在这方面投入了大量的研究资金来资助相应的研究计划,比如美国的“全球信息网格”和英国的“英国国家网格”等。而在企业方面,BM 和 SUN 等商业公司则期望能将这种超级计算能力引入到众多企业的日常办公领域,使在这些企业中由传统计算机独立计算无法胜任的关键性计算任务能够得以实现。目前,在已有的成果中,比较重要的是由欧美的 4 大计算机中心和 6 大高能物理计算机基地共同组建的国际性的网络技术环境,它们之间以 1Gbps 以上的带宽通道互相连接。我国在网格方面的研究也加大了相应的投入,科技部将通过 863 计划“高性能计算”专项的形式,在“十五”期间支持网格的研究和应用工作。同时作为国内计算技术研究的前沿基地,中科院计算所的“织女星网格”(Vega Grid)项目也已取得了许多重要的进展,其主要目标是实现具有大规模的数据处理能力、高性能计算能力,以及具备资源共享和提高资源利用率的能力的网格体系,并提出了“服务网格”(Service Grid)的概念。

“数字地球”的概念,实际上是网格技术在地球信息科学领域的一种体现形式。“数字地球”系将地球上一切与地理位置有关的信息,用数字的形式进行描述并存储成为丰富的资源,并通过网络进行共享,从而为全社会服务。由于地球空间数据信息自身固有的一些特性,使得其在存储和应用上还具有基础性、分布性、共享性和综合性。因此,基于上述因素提出的空间信息网格(SIG)概念是要提出一种可以实现汇集和共享各种空间信息资源,进行一体化组织与处理,具有按需服务能力的基础设施。SIG 提供了一体化的空间信息获取、处理与应用服务的基本技术框架,以及智能化的空间信息处理平台和基本应用环境。发展 SIG 技术,将从空

间信息应用与服务的技术体系和相应基础设施建设的角度推动我国整个空间信息资源的共享与应用的发展, 满足日益增长的多层次、多样化空间信息应用需求。空间信息网格(SIG)是空间信息获取与处理技术的基本发展框架。建立分布式、智能化空间计算环境的基础首先应是建立基于分布式数据管理构架的空间网格计算环境, 也就是实现支持局域、广域网络环境下空间数据处理和跨平台计算, 实现支持多用户空间数据同步处理, 实现支持空间数据的RPC, 实现异构系统的互操作, 实现支持网络环境下的多级分布式协同工作机制<sup>[1, 7, 8, 9]</sup>。

2.2 中间件技术的发展

中间件一般是指运行在客户机或服务器系统上的一种独立的系统软件或服务程序, 是一种新型的软件设计模式。在实际应用中, 它可以实现多种功能, 比如提供远程进程管理、空间信息资源分配、信息存储与访问、系统安全登录和认证、系统安全或

服务质量监测等等<sup>[4, 10, 12]</sup>。中间件应被理解为一类软件, 而非某一种软件; 在网格环境中, 中间件不仅仅可以实现各种应用程序间的简单互连, 而且它也可以实现它们之间各种更复杂的互操作; 目前, 在基于分布式环境的各种应用中, 中间件的引入主要是为了解决网络通信方面的功能问题; 其中, 中间件的位置一般处于应用层和网络层之间, 它通过对属于相应层次的功能实现并进行透明的封装, 使得相应的应用层软件可以独立于低层实现机制(如计算机硬件和操作系统平台)单独进行开发, 并实现不同平台间相同层次应用的跨平台的操作。在已有的实际应用中, 很多大型的企业级分布式应用标准的平台的建立都利用了中间件技术, 通过各种中间件将大型企业分散的现有子系统进行组合, 从而增强这个系统集成的简单性以及健壮性。

中间件的基本概念如图 1 所示。

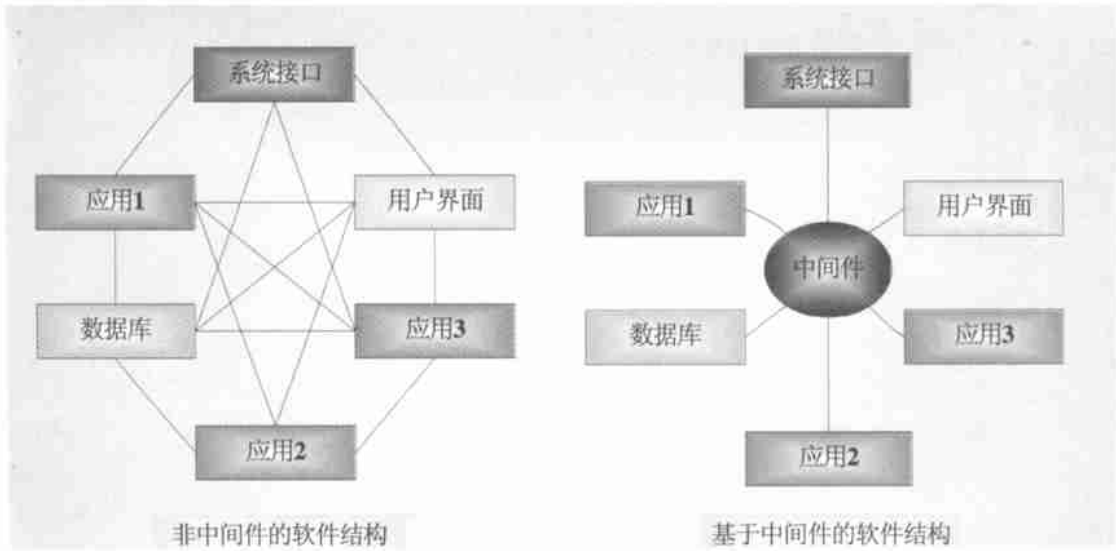


图 1 中间件的基本概念

Fig. 1 Basic concept of middleware

如果将不同层次间的各种应用程序间的协同工作或互操作理解作为一种客户/服务器的工作模式的话, 引入中间件技术扩展了这种传统的客户/服务器结构, 形成了一种新的包括客户、中间件和服务器的三层或多层结构, 这种结构为开发可靠的、可扩展的、复杂的事务密集型应用提供了有力的支持。在基于分布式的网格环境中, 中间件可以被分为 4 种类型:

(1) 基于RPC (Remote Procedure Calls) 的中间件。RPC 是一种对传统程序设计语言过程调用的

扩展, 被调用的对象可以存在于分布式系统的任何物理平台上。

(2) 面向消息的中间件, 支持基于消息传递的进程间通讯方式。这类中间件既适用于客户/服务器模型, 也适用于对等网模型, 一般比基于RPC形式的中间件会具有更高的运行效率。

(3) 基于对象请求代理 (ORB, Object Request Brokers) 的中间件。此类中间件是面向对象应用程序的首选, 消息可通过ORB进行路由选择, ORB同时处理集成和安全方面有关的问题。

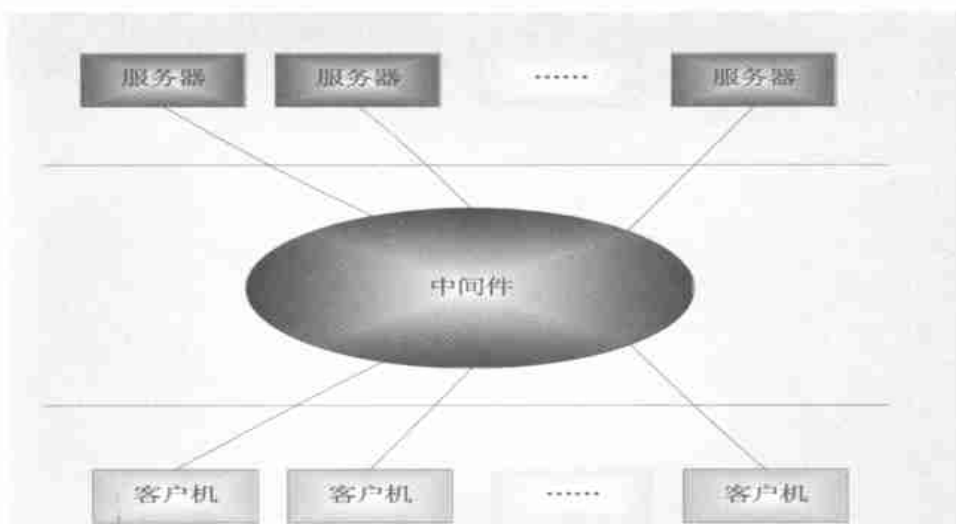


图 2 中间件的基本原理

Fig. 2 The simple work principle of middleware

(4) 数据库中间件。可以支持对异构的传统关系数据库的透明访问。

一般来说,从客户/服务器模型的角度来看,中间件的基本工作原理可以理解为图 2 所示。客户端上的应用程序需要从网络中某个节点处获取一定的数据或者服务,而且这些数据和服务可能处于一个运行着和客户端不同的操作系统的服务器上,在这种情况下,各种应用程序只需要访问中间件系统,中间件系统会自动完成到网络中查找目标数据源或者服务的任务,向目标提交客户请求,并将结果重组为答复信息,送回给应用程序。空间信息网格中间件技术的主要实现技术有 CORBA 技术、Microsoft 的 .Net 技术以及 SUN 的 J2EE 技术。

### 3 网络 GIS 的组织体系与结构设计

#### 3.1 基于中间件技术的网络 GIS 设计

建立网络 GIS 的主要目的是在空间信息网格 (SIG) 技术体系支持下,采用中间件技术来构建空间信息网格计算环境和空间信息服务体系,发展面向空间实体的空间数据组织技术,实现空间结构与空间过程模式的深度计算,同时以空间智能体为核心建立空间主动计算,实现对复杂空间格局表达和空间作用过程模拟,并通过建立人机交互、人机交融的虚拟地理环境,实现知识驱动方式的复杂空间建模和网络协同工作与空间群体决策。其架构如图 3 所示。

在中间件技术中,因面向对象思想的引入,以及对 Web Service 和 GML 等技术的采用,使所有的 GIS 功能构件都能够以统一的方式连结在一起,并相互通信,在 GIS 网络上形成了一种基于中间件的软总线 GIS 系统模型,使各 GIS 功能构件的内部设计都被独立出来,不必考虑构件之间的互连问题,设计人员可以专注于构件的功能设计。虽然基于总线的网格 GIS 系统模型仍然是一种面向对象的结构,但系统中的对象是按照规范设计的模块,这些定义良好的软件模块 (构件) 在各个系统中共存,并且基于中间件相互作用。基于中间件的总线系统模型是网格 GIS 组织体系与结构设计的关键技术。

GML (Geography Markup Language) 是中间件之间实现信息传输和存储的关键性技术。GML 是 XML 的扩展,用来存储和传输空间地理特征的属性信息和几何信息,强调的是空间信息的传输,而不强调地理特征的可视化。GML 的设计是面向网络的,将地理特征采用 XML 的文本方式进行描述,目前的浏览器都可解析,用户不需要采用其它的软件来显示和交互基于 GML 编码的地理数据。在 GML 中 GML Schemas 的制定非常重要,对于空间信息网格中间件群信息交互 GML 技术的解决途径,应该从研究 GIS 的概念模型、元数据及 GML Schemas 开始,制定相应的规范,使各个网格中间件都相互协作,达到相互理解的目的。GML 技术的研究架构如图 4 所示。

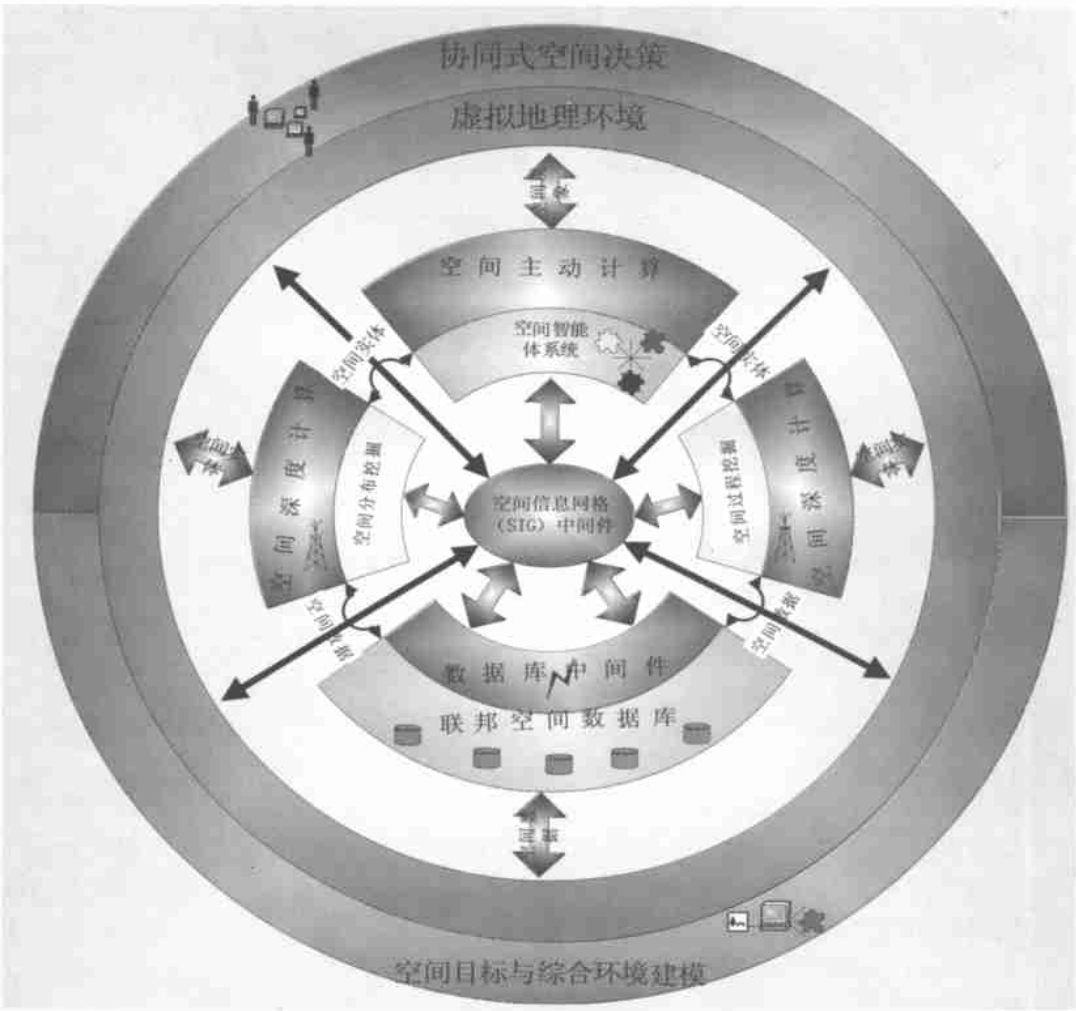


图 3 网络 GIS 体系结构

Fig.3 The system structure of grid-GIS

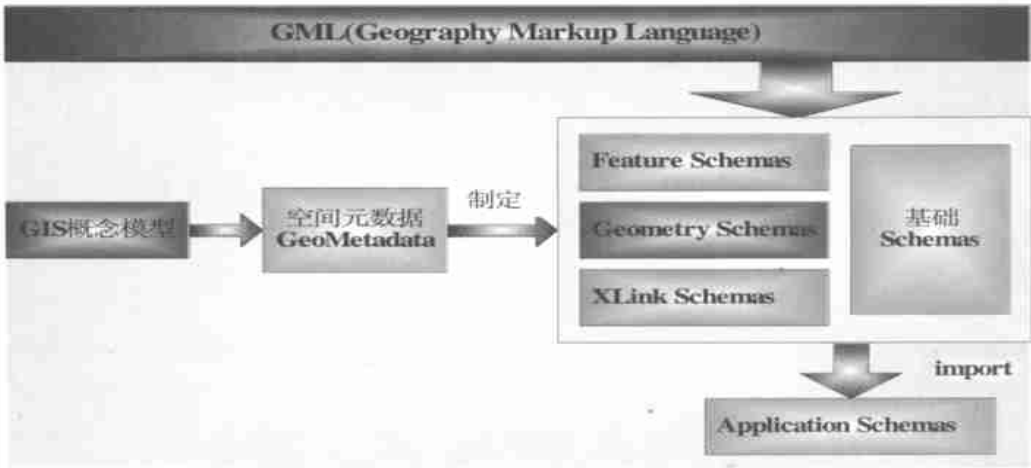


图 4 GML 技术研究框架

Fig.4 The research framework of GML technique

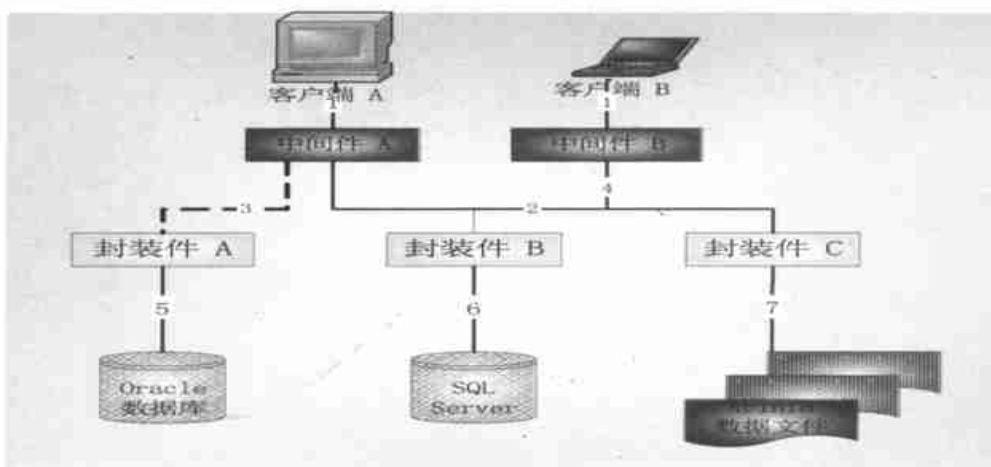


图 5 基于中间件的联邦分布式空间数据库集成体系

Fig. 5 Middleware-based integration system for federated spatial database system

### 3.2 基于联邦空间数据库中间件的空间数据组织

联邦空间数据库系统 (Federated Spatial Database System) 是由一组相互协作并同时保持高度自治的多个异构成员空间数据库集成组成, 同时这些成员数据库系统集成到整个联邦系统的程度可以是不同的。联邦空间数据库系统强调的是在自治的数据库之间实现部分的、有控制的信息共享和交换, 一个成员数据库系统在加入联邦系统的同时, 仍然能够继续进行其局部操作。整个体系结构 (如图 5 所示) 可以看成是由各种中间件组成的。系统中的客户端可以是各种类型的上层应用, 如空间计算环境、虚拟地理环境以及空间实体建模等。它们对空间数据的各种访问、处理等操作都经由系统中包含的各种中间件来协助完成。

### 3.3 空间计算环境

网格 GIS 中空间计算环境的构建应该满足网格计算体系的“分布式”与“智能化”的要求。这主要体现在以下几个方面。首先, 在“分布式”方面, 基于分布式环境的网格计算技术应是整个空间计算环境的实现基础, 在这方面主要是针对分布式空间数据的存储和管理, 采用高性能计算技术, 在网格环境下将信息孤岛和知识孤岛有机的联系起来, 建立空间信息资源网络组织体系及其分布式管理机制, 实现空间信息资源的有效配置、快速在线处理和高效分析; 其次, 在此基础上, 基于空间特征层次, 针对复杂空间现象的各种相关空间结构、空间相互作用、空间过程变化等, 实现基于空间智能体的表达、推理和分析, 实现利用空间信息在更高

层次上的智能主动计算。通过建立这种具有分布式、深度探索、智能化等特点的空间计算环境, 可以更精确地描述和表达复杂空间规律, 真正实现空间数据-空间信息-空间知识的 3 个层次上的以人为主体的空间信息处理与分析过程。

在内容上, 空间计算环境的研究可以包括空间深度计算和空间主动计算两个层次<sup>[2, 5, 6, 11]</sup>。分别从自上而下逐层分解、自下而上逐级融合两个角度来探索空间计算模式。首先, 针对时空属性耦合下的空间作用规律, 建立空间深度计算体系, 获得空间数据分布与过程模式; 其次, 在此基础上提出以空间智能体为核心的空间智能计算策略, 实现从空间数据网格, 到空间信息网格, 再到空间知识网格的包含三层结构的空间主动计算体系。通过建立面向数据网格的空间深度计算体系和面向知识网格的空间主动计算体系, 从而实现了具有网格特点的空间计算环境, 使对空间过程变化及其分布规律进行精确的描述和模拟成为可能。

### 3.4 虚拟地理环境

虚拟地理环境是集成虚拟现实、网络、人工智能、遥感、GIS、通信等技术的一种复杂的三维空间信息系统, 通过对现实地理环境进行表达、模拟并超越现实, 它同时又是一个可进行地理实验的虚拟工作室或人与人交流研讨、协同工作的媒介平台<sup>[3]</sup>。在整个基于中间件技术的网格 GIS 研究中, 虚拟地理环境将作为整个系统的一个综合上层应用环境, 主要解决虚拟地理环境中的系统体系结构、面向问题目标的综合建模、以及分布式协同工作与群体决

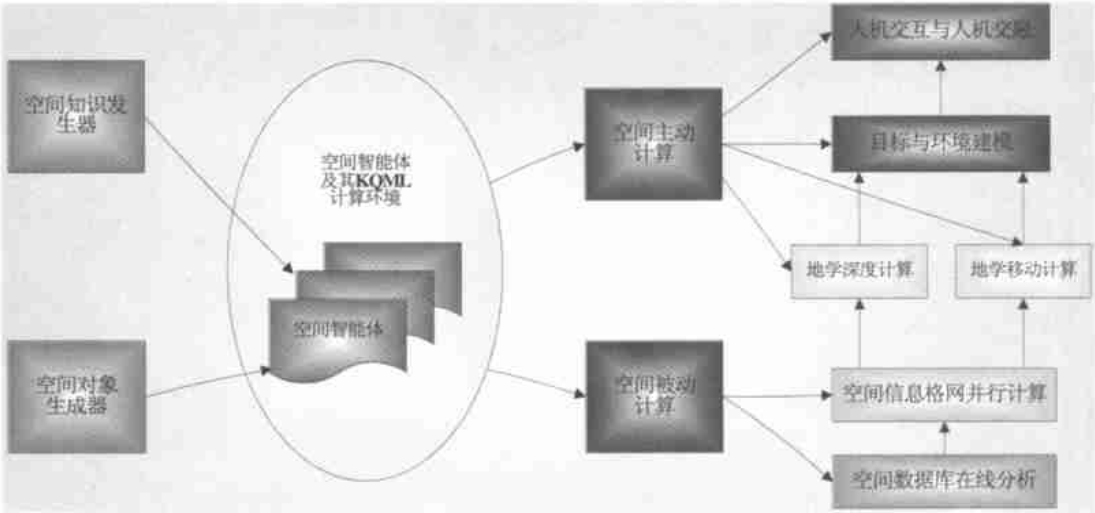


图 6 基于知识的空间智能计算模型

Fig. 6 Know ledge-based spatial computation model

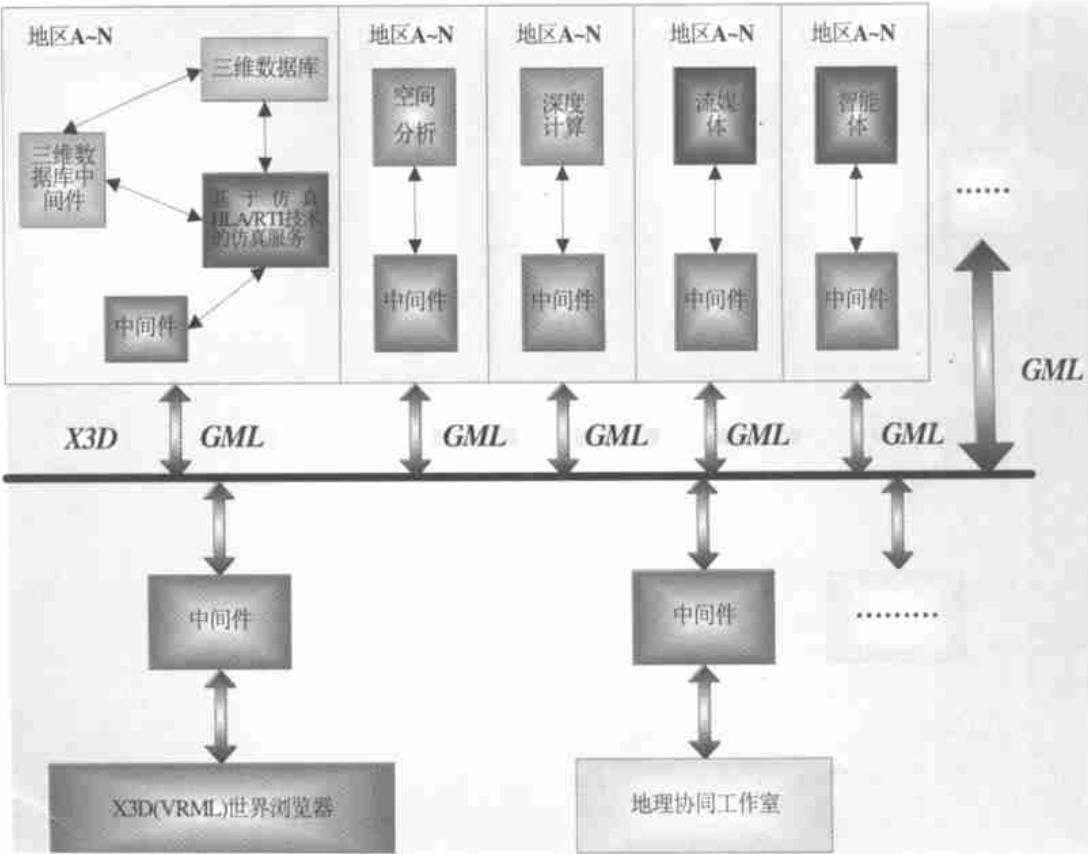


图 7 虚拟地理环境系统的总体体系结构

Fig. 7 The system structure of virtual geographic environment

策等 3 方面的问题。

在系统的总体实现结构方面, 核心部分方针模型结构将基于高层体系结构 (High Level Architecture, HLA) 和 HLA 运行支持系统 RTI (Run Time Infrastructure), 而对于在空间数据模型的组织、管理、分析和显示等方面的功能将由地层的网格 GIS 系统和专业三维 GIS 系统实现, 各不同部分之间通过中间件提供功能进行通信。

基于中间件总线模型的虚拟地理环境系统体系结构如图 7 所示。分布在不同系统与区域的三维空间数据与处理功能, 用户、智能体和动态目标的管理功能、空间分析功能、深度计算功能、智能体计算功能、制图功能等可以通过中间件在彼此间实现提供功能服务, X3D (VRML) 世界浏览器, 以及地理协同工作室等实体通过各种中间件可以实现彼此间的功能服务的集成, 并通过 GML、X3D 的机制进行信息的传输和存储。

如上所述, 空间智能体可以被用于对某一地学问题的复杂空间格局与空间过程的计算、表达与模拟<sup>[3, 6, 11]</sup>。在虚拟地理环境中, 空间智能体的形态与行为, 空间智能体之间的协同关系与系统演化, 将以图形图像的方式来显示。在空间智能体建模中, 关键技术主要包括智能体的三维数据结构、多智能体系统过程的行为模型计算与可视化、以及空间智能体之间的语义网络图形表达。其中, 智能体系统过程的行为数理建模, 则需要与专业领域专家的充分协作, 同时模型计算须建立在最小空间智能体单元基础上。

## 4 结语

在网格计算技术支持下, 以空间信息网格 (SIG) 体系为指导, 探索了以空间信息网格中间件为基础的新一代网格地理信息系统 (Grid-GIS) 的逻辑结构与组织体系; 同时探讨了其中在联邦空间数据库、空间计算环境和虚拟地理环境等技术的实现。未来网格 GIS 研究的指导思想是以空间信息网格战略为指导, 研究面向网格的空间信息处理与分析

前沿技术, 开发新一代具有我国自主知识产权的、能够支持国家空间基础设施建设的大型 GIS 基础软件平台, 引导 GIS 走向空间信息服务的发展道路, 立足从理论和技术源头对目前 GIS 技术建立创新体系。

## 参考文献

- [1] 方裕等 第四代 GIS 软件研究 中国图象图形学报, 2001, 6 (9): 817~ 823
- [2] 骆剑承, 周成虎, 梁怡, 裴韬 空间数据的智能化处理和分析的理论和技术的探讨 中国图象图形学报, 2001, 6 (9): 836~ 841.
- [3] 龚建华, 林珏 虚拟地理环境-在线虚拟现实的地理学透视 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [4] 蔡少华 部件对象模型及其在 GIS 中的应用 军事测绘, 1997 (5).
- [5] 裴韬, 周成虎等 空间数据库知识发现研究进展评述 中国图象图形学报, 2001, 6A (9): 854~ 860
- [6] 鲁学军, 周成虎等 基于知识的地学计算与地学智能体模型 (待发表).
- [7] 黄裕霞, 陈常松, 何建邦 GIS 互操作及其体系结构 地理研究, 2000, 19 (1): 86~ 92
- [8] Aleksy M, Schader M, Tapper C. Interoperability and interchangeability of middleware components in a three-tier CORBA "environment"-state of the art, Enterprise Distributed Object Computing Conference, 1999. EDOC'99 Proceedings Third International, 1999: 204 ~ 213
- [9] de Figueiredo Pires P, Queiros Mattoso M L. A CORBA based architecture for heterogeneous information source interoperability. Technology of Object-Oriented Languages and Systems, 1997. TOOLS 25, Proceedings, 1998, 87~ 91.
- [10] Ashton Applewhite Getting the grid IEEE distributed system online, 2002
- [11] 张云勇 移动 agent 及其应用 北京: 清华大学出版社, 2002
- [12] 张志標等 中间件——技术、产品、应用 北京: 中国石化出版社, 2002



## The Design of Middleware-Based Grid-GIS

LUO Jiancheng, ZHOU Chenghu, CA I Shaohua, PEI Tao

ZHANG Jiang, LU Xuejun, GONG Jianhua

(National Laboratory of Resources and Environmental Information System, IGSNRR, CAS, Beijing 100101)

ZHANG Liangpei, XIONG Hanjiang

(National Laboratory for Information Engineering in Surveying,

Mapping and Remote Sensing of Wuhan University, Wuhan 430079)

**Abstract:** Based on the framework of Grid-Computation and Spatial Information Grid (SIG), this paper proposes a new kind of Middleware-Based Grid-GIS, which can utilize all the spatial data, analytical software and computation environment as its sharing resources, and approach the infrastructure, the organizational system and the implementation pattern of its. In addition, some key frontier techniques including how to implement Federated Spatial Database, to realize spatial computation environment and virtual geo-environment based on the middlewares are also discussed.

**Key words:** middleware; Spatial Information Grid (SIG); spatial deep computation; spatial active computation; Grid-GIS

---

## “中国干旱区水土资源遥感与GIS综合管理研讨会” 在北京召开

在国际科技合作重点项目计划支持下, 2002年6月11~12日, “中国干旱区水土资源遥感与GIS综合管理研讨会”在北京胜利召开。该会由意大利驻华使馆、科技部国家遥感中心、中国科学院遥感应用研究所等单位联合举办。在技术和具体实施上得到了中国科技部国际合作司等单位的大力支持。出席开幕式并致词的有意大利驻华使馆Valentino Simonetti公使, 中国科学院遥感应用研究所王超常务副所长等。参加会议的还有来自意大利国家调查委员会、罗马大学、国际空间信息研究所、中国科学院地理科学与资源研究所、中国农业大学等十几个国内外单位的专家和专业人员100余人。会议上, 来自意大利和中国的专家和专业人员分别对干旱区水土资源管理的研究状况及成果作了系统介绍。中意双方专家学者进行了热烈讨论与磋商, 并就有关合作研究的问题达成下列共识。(1) 落实了项目的培训计划。有关培训人员、资金、时间等已经达成具体的方案、协议。(2) 形成了合作项目建议书。通过讨论, 双方对“新疆水土资源综合管理”等合作项目的目标、内容、技术路线、预期成果、双方分工等达成了一致意见。