

文章编号: 1007-4619(2004)05-0425-09

# 空间信息栅格 SIG 框架体系与关键技术研究

唐 宇<sup>1</sup>, 陈 莹<sup>1</sup>, 何凯涛<sup>2</sup>, 景 宁<sup>1</sup>

(1. 国防科技大学电子科学与工程学院, 长沙 410073; 2. 中国地质调查局, 北京 100035)

**摘 要:** 空间信息数据量大、处理复杂、难以共享的问题对其研究和应用提出了挑战。空间信息栅格(Spatial Information Grid, SIG)作为创新性的网络空间信息基础设施和技术体系,集成并拓展信息栅格、空间信息系统、Web 服务等前沿技术,以“服务”为中心,实现一体化智能化的空间信息获取、存储、组织、分发、分析处理、应用、融合以及互操作,形成基于网络的空间信息资源共享与集成。在给出 SIG 基本定义的基础上,明确了 SIG 技术要素和特征,探索并构建了开放性的 SIG 框架体系,重点研究了 SIG 中的空间数据共享和分析处理服务技术,为 SIG 相关研究的拓展和深入提供了总体框架和技术基础。

**关键词:** 空间信息;SIG;服务;空间数据共享;空间分析处理服务

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A

## 1 引 言

空间信息作为一种重要的基础性资源,在各行业和领域中得到了广泛的重视和应用,许多科学问题的研究需要以空间信息为基础;同时,在国民经济建设中,空间信息的应用无处不在,涉及地球科学、政府服务、能源、资源环境、城市建设、国防等领域。

空间信息是一个非常宽泛的概念,目前存在多种定义。我们认为,在 SIG 中,空间信息是指与空间实体的位置、属性等相关的一切信息,包括遥感图像、GPS 定位数据、电子地图、数字高程模型、三维地理模型、主题图等,地理信息是空间信息的子集<sup>[1,2]</sup>。

客观性、实用性、传输性和共享性是信息的主要特点,而对于空间信息而言,它描述了现实世界各种

空间现象和对象的基本表达,因此具有 3 个区别于其他类型信息的特征<sup>[1,2]</sup>:

- 区域特性(空间特征):通过如经纬网等建立的坐标系统来标识空间位置,并体现空间对象的形状、大小以及与其他空间对象的空间关系。

- 多维结构特性(专题特征):在二维空间的基础上实现多专题的第三维结构,对空间对象属性特征(即除了时间和空间特征之外的其他特征)进行存储和处理。

- 动态变化时序特性(时间特征):空间信息与时间密切相关,都基于某一特定时间或时间段而得到,可以按时间尺度对空间信息进行划分和组织并进行分析处理。

基于空间信息的特点,结合空间信息的应用需求,空间信息的应用及处理流程如图 1。

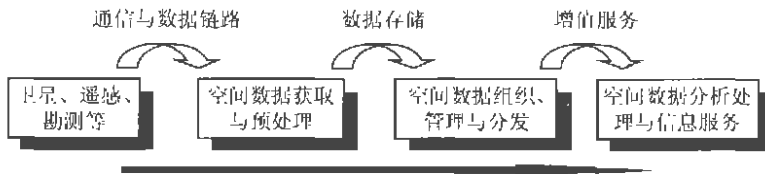


图 1 空间信息的应用处理流程

Fig. 1 The application and processing flow of spatial information

收稿日期: 2003-04-18; 修订日期: 2003-07-03

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划) No. 2002AA131010, No. 2002AA131010 资助。All rights reserved. <http://www.cnki.net>

作者简介: 唐宇(1977—),男,博士生,1995 年至今在国防科技大学电子科学与工程学院通信与信息工程专业学习。主要研究方向为地理信息系统、空间数据库系统与信息网络技术,发表论文 10 篇。

由图 1,我们将空间信息应用处理流程中的空间数据划分为如下层次<sup>[3]</sup>:

Level0:从卫星、传感器、数字化测量等设备获取未经加工的空间数据。

Level1:经过预处理(粗加工、校正等)和计算的基本空间数据。

Level2:标准空间数据产品,这些产品基于单一数据获取设备所得到的空间数据。

Level3:由公司和科研机构加工生成的空间数据产品,通常是将从各种数据获取设备,地理测量方法,地理信息系统,以及仿真模型等信息来源得到的多种数据进行融合而成。

Level4:基于 level3 数据产品和其他辅助信息进行深化处理而得到的更高层次的数据产品。包括数字高程模型,气象模型分析结果,基于地理位置的主题图等。

从空间信息的处理层次和流程可以看出,空间信息的应用有着非常特殊和强烈的需求:一体化的空间信息资源组织、海量空间信息共享、高性能的协同分析处理、跨地域的空间数据服务与处理服务集成。

## 2 SIG 基本概念

与空间信息的应用需求相对应,信息栅格技术作为解决分布式复杂异构问题的新一代技术,其主要思想是形成各种松散耦合的网络自治结点来实现大规模的多类型资源共享和协同工作。栅格是一个开放、标准、一致的环境,支持地理上广泛分布的高性能计算资源、大容量数据和信息资源、高速分析处理和数据获取系统、软件和应用系统、服务与决策支持系统以及人员等各种资源的聚合<sup>[3,4]</sup>。将信息栅格技术应用于空间信息领域,与空间信息系统相结合,能够整合海量分布的各种空间信息资源,建立协同的空间信息应用环境基础框架,实现空间信息分析处理与应用服务,大大提高空间信息质量并降低成本,从而促成更多的空间信息服务于更多的用户。基于此,空间信息栅格(Spatial Information Grid, SIG)(郁文贤等,2000)这一创新性的概念和技术体系的提出及研究,能够解决当前空间信息应用领域中存在的各种问题,满足多种空间信息应用的需求。

**定义 1:**空间信息栅格(SIG)是“一种汇集和共享地理上分布的海量空间信息资源,对其进行一体化组织与处理,从而具有按需服务能力的空间信息

基础设施。”

SIG 是一个分布的网络化环境,连接空间数据资源、计算资源、存储资源、处理工具和软件、以及用户,能够协同组合各种空间信息资源,完成空间信息的应用与服务。在这个环境中,用户可以提出多种数据和处理的请求,系统能够联合地理上分布的数据、网络和处理软件等各种资源,协同完成多个用户的请求。SIG 以一种新的结构、方法和技术来管理、访问、分析、整合分布的空间数据,充分利用空间信息系统的各种资源提供服务,实现空间信息的有效共享与互操作,提供空间信息的联机分析处理与服务。

SIG 是在大规模计算服务、宽带传输和海量数据存储处理等栅格支撑环境和空间信息获取系统的基础上建立的一个多层次的空间服务体系,主要由 3 个层次组成:

(1) 空间信息资源。基于各种空间数据获取设备和系统所得到的数据而形成,包括已建和在建的各类空间数据库、典型地物波谱库和遥感处理模型库等,它们通过 Internet 或各种通信设施在物理上相连。

(2) 空间信息一体化管理与处理平台。面向空间信息获取和处理应用,为综合使用各类资源提供数据存储、组织管理、分发、访问、处理和集成等服务,主要包括遥感信息定量处理软件、大型地理信息系统、空间信息资源定位、绑定和访问平台、空间信息共享软件平台(统一访问、数据转换、元数据标准等)、智能化的空间信息搜索、过滤和整合工具、空间信息分析处理服务和各种应用构件等。

(3) 面向应用领域的空间信息集成应用环境。在上述空间信息栅格服务的基础上,针对各应用领域中不同的空间信息应用要求,提供面向任务可定制的用户界面、空间信息应用政策和协议、应用工具、空间信息任务模型库和任务引擎等,建立空间信息服务与应用的集成环境。

## 3 SIG 技术要素与特征

SIG 从技术层面实现分布式空间信息资源的共享和整合,是贯穿空间信息生产、服务全过程的智能化的空间信息基础设施。在分析 SIG 技术要素之前,参照 ISO 19119<sup>[5]</sup>的概念,我们先给出几个 SIG 中基本术语的定义。

**定义 2:**SIG 服务是以独立于平台的方式提供的

可通过接口访问的一组操作,这组操作能够完成满足服务调用者应用需求的任务或工作。

**定义 3:**操作是能够被实体对象请求的用以完成任务的交互过程的规范,它有名称和参数列表。

**定义 4:**接口是执行操作的规范或描述,包括分布式计算交互的句法等。

在目前的研究工作基础上,我们将 SIG 的技术要素归纳如下:

- 基于服务:以“服务”为中心,应用和交互都采用“服务”的机制,系统的开发、构造、部署、运行、使用、管理都采用一种称为 SIG Service 的标准抽象接口。

- 分布式、松散耦合的组织:SIG 以结点为组织的基本形式,各结点提供各种空间数据和应用服务,具有分布特征;数据和应用服务的提供者同时也是该数据和应用服务的管理者和维护者。结点之间不必象传统的应用系统一样需要紧密地连接在一起,而是采用一种自然的松散耦合方式,动态地整合在一起。

- 高层次的资源管理:SIG 提供的服务要使用各种各样的空间信息“资源”,因此需要进行高层次

的资源管理(注册中心与资源信息管理工具等,而不局限于传统的元数据或在线目录),对各种空间“资源”信息进行综合与集成。

- 全局化、一体化:SIG 是全局一体的系统,SIG 中所有的资源都是一体化的(基于统一的标准、规范和协议),包括 SIG 系统各部分的互联、结点间的通信、单一系统应用视图和数据级、系统级互操作等。

- 多层次智能化的结点控制:SIG 的结点可以进行动态的管理和控制,SIG 可以智能感知各结点的状态,并基于此实现结点的更新与“即插即用”;并且按照不同的划分标准和应用模式,各个 SIG 结点将对应不同的等级,从而形成层次化的结构;此外,SIG 允许加入 SIG 的各个结点有自主权,可以对自己管理的资源加以控制,可以制定其资源的使用策略。

SIG 的构建主要基于 Grid、OpenGIS 规范<sup>[6,7]</sup>、中间件、空间分析、Web 服务等相关技术。综合利用这些技术,将实现空间信息虚拟同构应用环境 SIVIAE (Spatial Information Virtual Isomorphic Applied Environment),从而整合地理分布异构的各种空间信息资源,以一种标准统一的方式为用户提供应用和服务,SIVIAE 的结构如图 2。

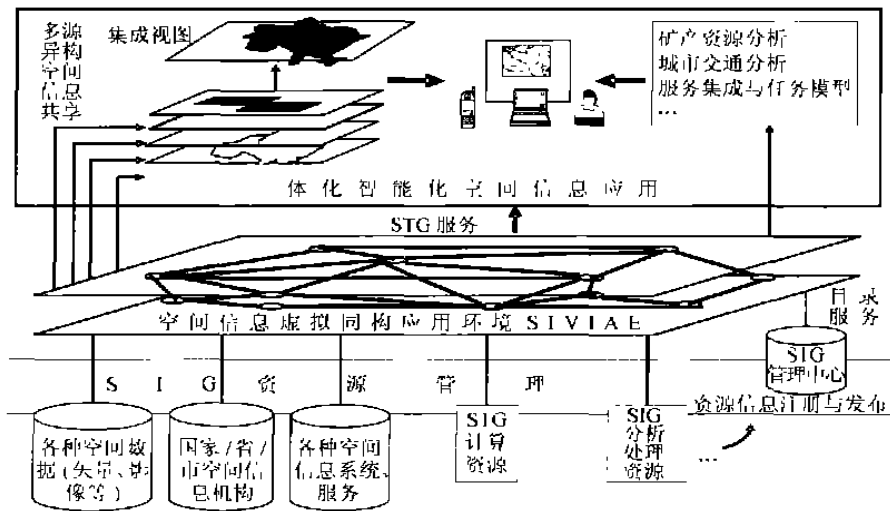


图 2 SIVIAE 结构  
Fig.2 The framework of SIVIAE

基于现有技术背景<sup>[3]</sup>和前期研究基础,我们认为,SIG 的特征主要体现在以下方面:

- 海量空间数据管理能力:能存储、访问和管理从 TB 到 PB 量级的海量数据;并基于此提供可视化、多媒体的空间数据服务。

- 高性能计算与空间信息处理能力:实现大规模、高精度、高质量的空间分析处理,提供高速度、高

效率、实时的计算与信息处理能力。

- 空间资源广泛共享能力:能实现应用层面的互连互通和各种异构资源共享,从而提高空间资源利用率,包括计算资源共享(如高性能计算设备)、数据和信息共享(如 3S 集成)、应用和服务共享(如在线分析处理)、设备共享(如海量存储系统)、软件系统共享(如 ArcInfo, MapGIS)等。

- 集成现有系统的能力:SIG 不仅支持构建新的空间信息系统,也可以与现有的各种空间信息系统相集成,从而提供延续性、继承性和兼容性,保护用户投资。

- 分布式协同工作能力:大规模的空间信息应用与服务地域跨度大,涉及多个异地单位,需要提供远程数据访问与信息服务,实现跨地域部门的工作协同。

- 支持异构系统互操作的能力:现实中的大型空间信息应用系统常常是综合系统,而 SIG 通过实用开放的技术标准,可以实现系统互操作和信息的一致性。

- 适应动态变化的能力:应用系统的业务需求不断变化,系统运行管理策略不断变化,使用模式不断变化,相关产品技术不断升级,因此 SIG 必须适应各种动态变化。

### 4 SIG 框架体系

SIG 是一个规模庞大、技术复杂且跨度很大的系统。要保证这样复杂的系统充分发挥效用,必须在系统顶层设计方面进行全面研究;其中,框架体系的设计是 SIG 顶层设计最为重要的组成部分之一,它将保证 SIG 的顶层设计质量,实现系统间的共享与互操作,为 SIG 应用构建提供理论和技术支持。

框架体系的设计以应用需求为依据,下面我们给出 SIG 的一个 Use Case(图 3)。

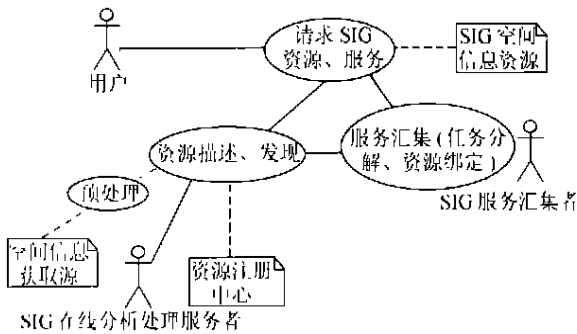


图 3 SIG 用例图  
Fig.3 SIG Use Case

与图 3 SIG 应用流程相对应(用户请求→形成任务→任务分解→空间信息资源发现、绑定→处理任务→任务完成、返回结果),我们将 SIG 的框架体系设计为 7 层结构,称为 SIGOA (SIG Open Architecture),在此体系中,各层之间具有相应的关

联,上层可以调用下层的功能和服务,形成了从空间信息获取、传输到管理、共享、应用的完整体系,如图 4。

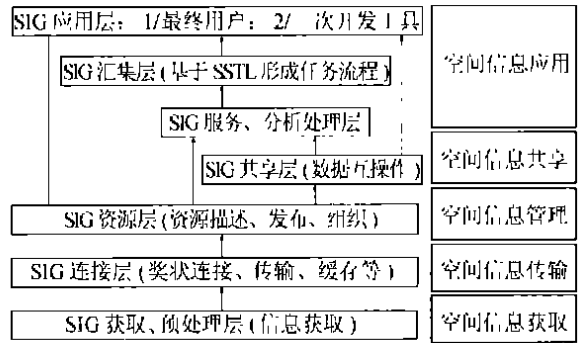


图 4 SIG 框架体系  
Fig.4 SIG open architecture

基于这样的层次结构,SIG 构建出一个创新性的体系框架,它为空间信息的各种应用(个人、行业、领域应用)提供了实用可行的解决思路和实施方案。SIG 整体组成主要如下:

- 空间信息获取子系统;
- 空间信息预处理子系统;
- 管理平台与注册中心;
- 空间信息资源管理工具;
- 空间数据存储、分发子系统;
- 空间数据转换与共享子系统;
- 空间信息分析处理服务体系与工具;
- 空间信息服务链模型库与任务引擎
- 空间信息应用工具与环境。

### 5 SIG 关键技术应用研究

SIG 是一个前沿的研究领域,它涉及多学科和各种技术的相互渗透、相互支撑。下面我们基于目前的研究基础,着重对构建 SIG 原型平台的两个核心关键技术进行分析。

#### 5.1 空间数据共享技术

SIG 中需要处理的空间数据,一般来说是海量的,并且空间数据的类型种类也非常多,通常包括栅格数据、矢量数据以及与时间有关的空间/时间数据等。SIG 中的空间数据资源的特点可以总结为<sup>[6]</sup>:

- 空间数据的存储是异构的:有的空间数据以文件的方式进行存储,而有的空间数据则存储在数据库系统中。而即使都以文件方式存储,也存在由

于具体的存储文件格式不同而导致的异构。以数据库方式存储的空间数据也同样存在由于存储模型不同、存储模式不同而导致的异构。

- 空间数据的存储是分布的:由于历史和具体技术上的原因,大量的空间数据被存储在地理上分布的结点上。

异构和分布的现实使得空间数据的一致性访问和共享十分困难,从而阻碍了大规模的空间数据分析与空间数据操作。因此,对各种分布式异构空间数据组成的数据集进行方便有效的访问与共享是SIG中的一个主要功能和关键技术。

本部分研究主要从以下几个方面进行考虑<sup>[7]</sup>:

(1) 从数据模型入手,建立全局的抽象模型和公共的数据访问模型。

根据对客观世界的描述到计算机中的信息表达的不同层次,数据模型分为概念模型、逻辑模型和物理模型。从数据模型的角度来说,空间数据共享的核心问题在于:如何在描述同一个客观世界的不同逻辑和物理模型之间实现共同理解。因此,首要的问题是对于这些不同的逻辑/物理模型定义一个一致的概念模型,而为了能够最大限度地描述客观现象的各方面属性,就需要用一个蕴涵丰富语义的模型(譬如面向对象的模型)来定义,这就是全局抽象模型。

公共数据访问模型则是在逻辑模型层次上对不同物理模型的集成。该模型在应用中作为一个语义转换机,通过定义一个公共的数据模型/格式,使异构的物理模型在交换数据时都将被交换数据映射为该公共模型,从而实现不同物理模型之间的相互理解。在不采用公共数据访问模型的情况下,需要在每对异构数据之间进行转换,所需转换机的数目是 $N^2$ ( $N$ 是结点的个数);采用公共数据访问模型后,则转换机的个数为 $N+1$ 。选择公共数据访问模型的原则可归纳为:

- 公共数据访问模型与各种异构空间数据的数据模型之间易于相互转换;

- 公共数据访问模型应能够方便地表达空间数据及其处理。

(2) 从访问接口入手,实现一致的空间数据访问功能。

数据访问接口是系统外部与系统内部进行数据交换的具体实现。一般来说,不同的空间数据有其不同的访问接口。数据访问接口屏蔽了系统内部数据存储的细节,使系统外部对于系统数据的访问变

得简单、明晰。一致的数据访问接口能够实现各种空间数据访问的一致性,在此基础上聚合适当的操作,便可以在一定的程度上实现空间数据的共享。开放地理数据互操作规范联盟(The OpenGIS Consortium, Inc., 简称 OGC)一直致力于制定一个开放地理数据互操作规范 OpenGIS (Open Geodata Interoperability Specification, 具体内容见文献[7]),以便通过统一访问接口达到地理数据之间的互操作性、可扩展性、技术公开性、可移植性、兼容性、可实现性和协同性的要求。

(3) 从体系结构入手,建立空间数据访问服务<sup>[8,9]</sup>。

“数据访问接口”只是屏蔽了空间数据的数据结构,而“服务”不但屏蔽了空间数据的数据结构,还屏蔽了对该数据进行具体操作的细节。

基于“服务”的SIG空间数据访问系统能够进一步地将空间数据组织、管理和操作的细节予以封装,在分布式应用环境中通过“发现”、“绑定”和“集成”满足应用要求的各种空间数据访问服务来动态实现SIG数据共享。相关研究包括基于“服务”的体系结构、“数据服务”分类、“数据服务”接口规范、“数据服务”间的消息传递机制与技术、“数据服务”的发现、注册与集成等内容。

## 5.2 SIG空间分析处理技术

空间信息系统除了对空间数据进行组织、管理以外,更重要的是对空间数据进行分析处理,进而为空间信息决策、评价、统计等相关应用提供支持。因此空间分析处理技术就成为了SIG核心技术之一。参照其他学者的研究工作<sup>[10]</sup>,我们给出SIG中空间分析处理的定义。

**定义5:**空间分析处理是“基于空间对象的位置、形态等特征和属性的空间数据分析和处理技术,其目的是获得符合需求的空间数据,提取空间信息。”

目前,传统的空间分析处理都是基于集中模式和客户端/服务器模式,这显然无法适应空间信息应用需求急剧膨胀的现状;同时,现有的空间分析处理大多是基于相互独立和封闭的平台进行开发,它们采用不同的数据格式,处理功能、函数调用、应用接口都有很大的差异,这使得各种空间分析处理程序或系统不能进行基于信息的应用操作交互。此外,不同的应用部门对地理空间现象有不同的理解,对空间分析处理有不同的操作定义,这也阻碍了空间

分析处理程序或系统之间的共享与互操作。

基于此,借鉴 OGC 的“公共应用编程接口”思想<sup>[7]</sup>,结合 SIG“以服务为中心”<sup>[11]</sup>的设计构架,我们提出基于“服务”的空间分析处理模式,实现开放的能够在异构环境下进行多分析处理程序或系统间的通信和协作的 SIG 空间分析处理服务(SIG Spatial Analyzing and Processing Service)。

基于服务的 SIG 空间分析处理技术研究主要关注应用模式和应用框架,而不过多地着眼具体的空间分析处理算法。SIG 空间分析处理服务框架由通信、数据、服务描述、注册等标准和协议组成了一套体系结构,基于各种高内聚、弱耦合的单个服务,实现服务集成,使得各种应用、服务的交互成为可能,从而提升空间分析处理应用的价值。我们设计服务协议的基本层次结构<sup>[11-14]</sup>如表 1:

表 1 SIG 服务协议栈

Table 1 SIG service protocol stack

	协议	应用
S I G 服 务 协 议 栈	应用层(SSRL)	请求、获取服务(用户请求描述)
	SSTL	服务的集成(服务链)、任务模型定义
	UDDI	服务的发布、发现
	SSDL	服务描述
	SOAP	服务的访问、调用,信息传递
	XML	系统描述、数据标准、协议规范表达等
	网络(HTTP、FTP、SMTP、...)	网络层连接

与表 1 的层次结构相对应,SIG 空间信息分析处理服务框架由分布在用户端、系统管理中心和服务提供者端的不同部分共同组成,主要包括:

- 空间分析处理服务注册中心;
- SSRL,SSTL 解析器;
- 任务引擎(设计任务流模型库、角色规则);
- SOAP 服务器(消息的处理和管理,完成服务请求的转换);
- 服务 QOS 引擎(制定相应标准,保证服务质量);
- 用户应用入口。

SIG 空间分析处理服务框架能够提供从用户、服务到另外一个服务无缝的、自动的连接。所有的 SIG 空间分析处理服务将基于服务协议和规范实现;SOAP,SSDL,UDDI 和 SSTL 协议定义了一种以自描述的方式发现并调用服务的方法;数据被编入 XML 请求和响应文档,并使用 HTTP 或基于消息的协议在服务之间传输数据。下面,我们对 SIG 服务

协议栈的各层进行具体分析。

(1) 网络层:HTTP 作为 Web 上最主要的协议,是 SIG 服务协议栈的基础(当然还可以应用其他协议),整个 SIG 服务协议栈的协议和标准都与网络协议紧密结合(如 XML 基于 HTTP 进行传输,SOAP 与 HTTP 绑定等)。

(2) XML(eXtensible Markup Language)<sup>[15]</sup>:作为一个定义其它语言的系统和数据标准,XML 是 SIG 服务协议栈体系的核心。在所有的分析处理操作中,数据和信息的跨平台性是必需的,所以 XML 的使用是上层协议和标准的核心。此外,基于 XML,我们设计了用户请求语言 SSRL 和任务模型语言 SSTL,同时 SOAP,SSDL,UDDI 等协议、标准也都是以 XML 为基础。

(3) SOAP(Simple Object Access Protocol)<sup>[16]</sup>:SOAP 可以应用在多种类型的系统中,从消息系统到远程过程调用等。由于 SOAP 采用了 XML 并在调用与交换信息方面有其优势,使得它成为解决平台中互相调用的接口定义所遵循的规范。

(4) SSDL(SIG Service Description Language):应用 SSDL 实现对 SIG 空间分析处理服务的描述,有了这样一种描述机制,开发环境就能够采取程序化的手段来分析 SIG 空间分析处理服务,并在开发和应用环境中生成相应的程序接口,以实现无缝连接<sup>[17]</sup>。

SSDL 是一种基于 IDL 技术的服务描述语言。SSDL 基于 WSDL<sup>[17]</sup>拓展而成。它定义了一套基于 XML 的语法,将 SIG 空间分析处理服务描述为能够进行消息交换的服务访问点的集合,从而满足了应用需求。SSDL 服务为分布式系统提供了可机器识别的 SDK 文档,并且可用于描述自动执行应用程序通信中所涉及的细节。

(5) UDDI(Universal Discovery, Description and Integration)<sup>[18]</sup>:UDDI 将服务和应用全部打包在一个简单的 XML 接口中,同时也实现了一组使各功能、应用模块开发者能够使自己提供的 SIG 空间分析处理服务注册并让别的开发者或用户能够查询并访问到的标准。在 SIG 中,UDDI 通过一个物理分布逻辑集中的注册中心和对应用服务进行描述的统一的 XML Application 来实现。其中,UDDI 注册中心是核心组件,由很多提供 UDDI 注册服务的 Server 组成,成为一个集群。在物理上,它们可能是分散的,但是这些 UDDI 注册中心将进行数据的同步,对于用户来说,注册一次就等于向整个网络发布了信息。开发应用可以通过 API 编程来对其进行访问,得到相

应的结果。

(6) SSTL (SIG Service Task Language): 在 SIG 框架中, 单一的空间分析处理服务通常无法满足应用需求, 因此需要实现服务的集成, 形成任务流 (服务链) 完成服务, 主要实现方法是利用 SIG 任务语言 SSTL 定义应用处理任务模型; 形成任务流的前提条件就是需要服务之间能进行互操作。这里我们引入一个简单的例子: 一个服务提供者可能提供一个订购电子地图的服务, 它实际上是一个由许多不同的服务提供者 (如地图数据提取、空间数据可视化等服务) 提供的空间分析处理服务的集合体; 电子地图订购过程的完成, 就是由这些服务所构成的任务实现。

SSTL 是我们针对 SIG 服务组合与集成提出的一项服务规范, SSTL 借鉴 WSFL 和 XLANG 的思想<sup>[19-21]</sup>设计而成:

- 使用有向图模型定义和执行任务流程;
- SSTL 任务模型中定义的每个活动都以 SSDL 定义的分析处理服务的形式实现;
- 基于 XML, 通过使用 SSTL, 将实现一个按照活动和控制点层层递进的跨越技术和应用的边界来对空间信息应用流程进行建模的任务流引擎;
- 定义一个公共接口, 该接口允许任务流程把自己发布为服务。

(7) 应用层: 用于实现服务与用户之间的交互的规范协议, 包括基于浏览器的友好易用的面向任务的用户界面, 为用户提供个性化定制和方便清晰的应用服务; 用户请求描述语言 SSRL (SIG Service Request Language), 用以对用户的需求进行规范, 从而能够对用户的请求进行解析、归类或分解 (请求对应复杂服务); 面向开发者的二次开发规范和接口、函数库, 形成功能强大、便捷高效的应用环境。

由上述的层次分析, 我们可以看到, SIG 服务协议栈中各层标准定义了一套体系结构, 使得各种空间分析处理应用、服务的交互成为可能, 同时它也为 SIG 空间分析处理服务集成的设计实现提供了一种整体解决方案。SIG 空间分析处理服务基本实现机制<sup>[13]</sup>如图 5。

## 6 结论与讨论

SIG 是一个探索性、创新性很强的研究课题, 目前我们已经设计出了系统框架体系, 并结合行业应用开发了包括 SIG 服务注册中心空间数据访问服务、异构空间数据转换服务、典型空间分析处理服务等功能的演示系统, 下一步将完善框架体系, 深入研究关键技术, 构建面向行业的示范应用系统。

SIG 有着非常突出的技术特点, 其最为明显的优势体现在:

- (1) 需要大量的空间数据操作和分析计算的应用中;
- (2) 需要跨机构、跨地域共享各类分布异构空间信息资源的应用中;
- (3) 需要基于 Web 对各种空间信息资源进行远程调用、协同处理和任务建模的应用中。

在上述应用中, 虽然 SIG 并不是唯一的解决方案, 但 SIG 可以使得这些任务用最便捷、简单、高效和一体化的方式得以完成。结合空间信息应用实际, SIG 的适用范围<sup>[22]</sup>总结如下:

- 空间信息资源的广泛共享与交互: SIG 基于 Web 信息传输交换协议 (HTTP) 和通用端口, 突破防火墙的通信限制和逻辑障碍; 利用 SOAP 和 XML 等技术, 在不降低已有安全性的前提下实现复杂信息传输和功能调用。SIG Service 能够访问被本地或远程防火墙屏蔽的空间信息资源, 从而使得任意平台上的任意用户在任意时刻任意位置都可以共享 Web (Internet) 通用的空间信息资源共享与应用。

- 实时动态的网络空间信息应用服务: SIG 以服务的形式面向用户, 用户不需要购买、安装空间信息应用程序或组件, 只需要直接调用远端的 SIG Service。SIG Service 集成多个进程和数据块, 数据和逻辑的变更能够实时地报告给用户, 因此保证了空间信息应用服务的动态自适应。例如地图供应商要在线地图订购应用程序中确认用户身份, 只需把用户名直接发送给相应的用户管理 SIG Service, 这

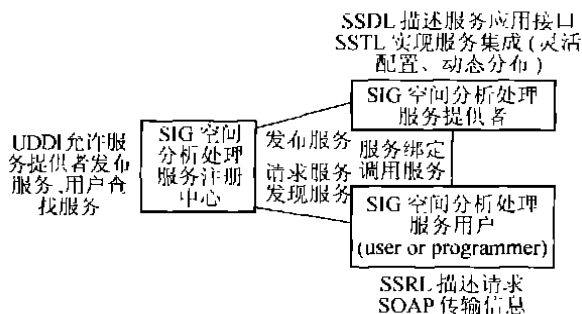


图 5 SIG 空间分析处理服务实现机制

Fig. 5 Implementation mechanism of SIG spatial analyzing

个 SIG Service 就会查询用户数据库中该用户身份、权限、交易记录等信息,确认该用户是否拥有访问应用程序的权利。这样的服务用原来的方式实现就必须下载并安装好包含用户各种信息的数据库,十分麻烦和费时,大大影响了工作效率,而且这个数据库的信息还是不能实时在线更新的,需要不定期地下载最新数据。

- 空间信息应用服务集成,系统互操作:将基于不同语言的,在不同平台上运行的各种空间信息分析处理程序集成起来。如在应用中需要从运行于 Windows 的程序中获取数据,然后把数据发送到 Linux 或 UNIX 应用程序中去处理;此外,即使是在同一个平台上,不同软件厂商生产的各种软件(如 Arc GIS 与 MapInfo)也具有不同的功能,而一项处理任务常常需要集成多种软件的功能才能够完成。通过 SIG,应用程序可以用标准的方式把应用程序功能和数据“暴露”出来,形成标准的应用接口,进而实现系统互操作和应用服务的集成。例如将“最短路径分析”与“城市街道属性查询”两个应用进行集成,可以满足不同层次的应用需求,以单一的入口和单一系统映象为用户提供简洁方便的空间信息服务。

- 空间信息及应用服务的发布、发现:应用 SIG 实现空间信息服务的优势还在于通过注册中心和空间信息资源目录可以轻易实现各种服务的发布、发现和调用。只要按照 SIG 的规范完成注册,各种应用服务就可以让任何用户在任何时间基于任何平台进行调用,实现一次注册,到处应用;而用户只需提交应用请求,然后根据注册中心返回的结果按照 SIG 规范获取空间信息服务,实现按需服务和一次到位的服务。

应该说明,经过我们详细的分析和研究,结果表明 SIG 并不是万能的,对于空间信息应用中的某些问题和情况(如存在系统开销和性能问题、没有适用的安全模型等)而言, SIG 并不是最优的解决方案<sup>[22]</sup>,这些应用问题和情况主要包括:

- 单机应用程序:目前,空间信息应用中存在很多原来设计开发的桌面应用程序,其中一些程序只需要与本机上的其它程序进行通信和功能调用, SIG Service 在处理状态化环境和调用速度等方面都无法与应用 DLL 相比,此时利用 DLL 内联到应用程序将带来更好的性能和更灵活的设计。

- 无法按服务模式进行分解的应用:现有的一部分空间信息应用程序或功能复杂或完全基于传统的系统和应用平台,因此无法按照 SIG 的“服务”思

想将程序进行分解和转换。在这种情况下,使用 SIG 将会浪费资源,增加工作难度,降低工作效率。

- 基于局域网的同构应用程序:在空间应用中,许多原来设计开发的程序是在 Windows 平台上,使用 COM 并运行在同一个局域网。此时,使用 DCOM 会比使用 SIG 中的 SOAP/HTTP 有效得多。

- NET 程序间的通信:如果一个 .NET 程序要连接到局域网上的另一个 .NET 程序,应该使用 .NET Remoting<sup>[23]</sup>, SIG 中的 SOAP 则不适用。

- 高密级的重要的空间信息应用:为了保证一些机密的空間信息和应用的安全,断绝其与 Internet 的连接是最好的做法。对于入侵者而言, SIG Service 有可能成为攻击的入口。

综上所述, SIG 是面向空间信息领域的新的计算环境是新一代的空间信息基础设施,代表着空间信息应用的发展方向,随着空间信息技术的发展和社会需求, SIG 的构建将引起更加广泛的关注,必然会带来各行业空间信息网络应用的革命。

**致 谢** 本研究特别感谢国家高技术研究发展计划 13 主题各位专家,在他们的启发和帮助下研究工作得以深入的进行;同时也感谢中国地质调查局的专家和我的老师、同事们,在共同讨论中一起明确研究方向,提炼关键技术,激发创新思路。

## 参 考 文 献 (References)

- [1] Guting R H. An Introduction to Spatial Database Systems[A]. VLDB Journal. Special issue on Spatial Database Systems[C]. Santiago de Chile, Chile, 1994, 3(4): 357-399.
- [2] Gong J Y. Foundation of Geographical Information System [M]. Beijing: Science Press, 2001. [龚健雅. 地理信息系统基础[M]. 北京: 科学出版社, 2001.]
- [3] DataGrid Requirements specification (EO application requirements for GRID)[R]. EO WP9, 2001.
- [4] Foster I, Kesselman C, Tuecke S. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organization [J]. *The International Journal of High Performance Computing Applications*, 2001, 15(3): 200-222.
- [5] ISO 19119. Geographic Information Services. ISO TC211 Document Number N1203[S]. November 2001. <http://www.isotc211.org>.
- [6] Buehler K, McKeel L. The OpenGIS Guide: An Introduction to Interoperable Geoprocessing and the OpenGIS Specification [M]. Wayland, USA: OpenGIS Consortium Inc, 1998.
- [7] OpenGIS Abstract Specification. OpenGIS Consortium. version 4. 2 [S]. 2001. <http://www.opengis.org>.
- [8] Chervenak A, Foster I, Kesselman C, et al. The Data Grid: Towards an Architecture for the Distributed Management and Analysis

- of Large Scientific Datasets [J]. *Journal of Network and Computer Applications*, 2001, **23**:187-200.
- [9] Foster I, Kesselman C, Nick J M, et al. Grid Services for Distributed System Integration [J]. *IEEE Computer*, 2002, **35**(6):37-46.
- [10] Guo R Z. Spatial Analysis (Second edition) [M]. Beijing: Higher Education Press, 2001. [郭仁忠. 空间分析(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.]
- [11] Tuecke S, Czajkowski K, Foster I, et al. Grid Service Specification [R]. Open Grid Service Infrastructure WG, Global Grid Forum, Draft 2, July 2002. <http://www.globus.org>.
- [12] Web Services Glossary Draft 14 [R]. <http://www.w3.org/TR/2003/WD-ws-gloss-20030514/>.
- [13] Web Services Architecture Draft 14 [R]. <http://www.w3.org/TR/2002/WD-ws-arch-20021114/>.
- [14] Chai X L. Web Services Architecture and Open Inter-Operation Technology [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002. [柴晓路. Web 服务架构与开放互操作技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.]
- [15] Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition) [S]. <http://www.w3.org/TR/2000/REC-xml-20001006>.
- [16] Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1 [S]. <http://www.w3.org/TR/2000/NOTE-SOAP-20000508>.
- [17] Web Service Description Language (WSDL) 1.1 [S]. <http://www.w3.org/TR/2001/NOTE-WSDL-20010315>.
- [18] UDDI Version 2 Specifications [S]. <http://www.uddi.org>.
- [19] Leymann F. Web Services Flow Language (WSFL) [R]. IBM, April 2001, <http://www.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/WSFL.pdf>.
- [20] Thatte S. XLANG. Web Services for Business Process Design [N]. Microsoft 2001, [http://www.getdotnet.com/team/xml\\_wsspecs/xlang/default.htm](http://www.getdotnet.com/team/xml_wsspecs/xlang/default.htm).
- [21] Wesley A. Web Services Insider [R], <http://www-900.ibm.com/developerWorks/en/webservices/ws-ref>.
- [22] Basiura R, Batongbacal M. Professional ASP.NET Web Services [M]. Birmingham, UK: Wrox Press Ltd, 2001.
- [23] Obemeyer P, Hawkins J. Microsoft .NET Remoting: A Technical Overview [N], Microsoft, July 2001, <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dndotnet/html/hawkremoting.asp>.

## A Study on System Framework and Key Issues of Spatial Information Grid

TANG Yu<sup>1</sup>, CHEN Luo<sup>1</sup>, HE Kai-tao<sup>2</sup>, JING Ning<sup>1</sup>

(1. School of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China; 2. China Geological Survey, Beijing 100035, China)

**Abstract:** The application and research of spatial information are generally considered as a challenging problem due to the excessive voluminousness, complexity of processing and difficulty in sharing of spatial data. As a novel web-based infrastructure and technology system of spatial information, Spatial Information Grid (SIG) integrates and extends information grid technology, spatial information system, web services and etc. To implement sharing and integration of spatial information, SIG takes service as its technical core, and establishes a unified and intelligent platform to acquire store, organize, distribute, analyze, aggregate, and apply, spatial information. Based on the given basic definitions of SIG, the technical ingredients and research contents are proposed. Then, a system architecture of SIG is proposed and built. Moreover, some key technologies, of SIG, such as spatial data sharing and spatial analyzing services are studied and elaborated. Hence, the system framework and technical foundation of SIG are formed and SIG research is promoted into a new stage.

**Key words:** Spatial information SIG; service; spatial data sharing; spatial analyzing & processing service