

文章编号: 1001- 2486(2008) 01- 0047- 06

# 基于工作流的 GIS 服务动态聚合方法、技术体系和参考模型研究\*

何凯涛<sup>1</sup>, 唐 宇<sup>1</sup>, 刘书雷<sup>2</sup>

(1. 国防科技大学 电子科学与工程学院, 湖南 长沙 410073;

2. 国防科技大学 武器装备发展研究中心, 湖南 长沙 410073)

**摘要:** 基于 GIS 服务的特点和动态服务聚合的应用实际, 提出了一种基于工作流的 GIS 服务动态聚合实现方法, 该方法通过引入服务群的概念, 有效适应了 GIS 服务的动态变化性; 提出了基于工作流的 GIS 服务聚合技术体系, 界定了 GIS 服务聚合的研究内容和层次关系, 为 GIS 服务动态聚合关键技术的研究提供了总体框架和顶层指导; 参考工作流的研究成果, 提出了动态服务聚合参考模型 DSCRM, 为开发聚合服务支撑平台以及在此基础上构造特定的服务聚合应用提供了可参考的计算模型。给出了一个 GIS 服务聚合应用实例来说明工作的可行性和有效性。

**关键词:** 工作流; GIS 服务动态聚合; 实现方法; 技术体系; DSCRM

中图分类号: TP393 文献标识码: A

## Research on Implement Mechanism, Technical Architecture, Reference Model of Dynamic GIS Web Service Composition Based on Workflow

HE Kai-tao<sup>1</sup>, TANG Yu<sup>1</sup>, LIU Shu-lei<sup>2</sup>

(1. College of Electronic Science and Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China;

2. Weaponry Research Center, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** Based on the characteristic of GIS Web Service and dynamic Web Services Composition, this paper proposes the implementation mechanism of dynamic GIS Web Services Composition, which can effectively adapt to the dynamic characteristics of GIS Web Services and have vast data and CPU-intensive computing for the concept of Service Group(SG). According to the mechanism, the paper proposes the technical architecture of GIS Web Services composition, providing holistic framework and top-level guidance for studying dynamic GIS Web Services composition technology. Based on the results of workflow research, this paper puts forward Dynamic Service Composition Reference Model (DSCRM), which builds the framework for the development of dynamic services composition system and the development of dynamic services composition application. The ideas of this paper have been used in city emergency disposal project successfully.

**Key words:** workflow; dynamic GIS service composition; implement mechanism; technical architecture; DSCRM

在 GIS 服务蓬勃发展的今天, 越来越多的 GIS 服务被发布到 Internet 供大众使用, 如何动态集成现有的 GIS 服务, 完成用户特定的任务是当前研究的热点<sup>[1-3]</sup>。为了实现 GIS 服务的聚合, OGC 和 ISO/TC211 在联合发布的“Geographic Information services”标准中提出了服务链<sup>[4-5]</sup>的基本概念, 并根据用户控制程度的不同, 将服务链划分为三种类型, 即用户自定义链(Transparent, 透明链)、流程管理链(Translucent, 半透明链)和集成链(Opaque, 不透明链)。流程管理链利用工作流技术所具有的业务逻辑和应用逻辑相分离的优点以及工作流系统的监控能力, 结合了用户自定义链的透明性和集成链的简单性, 是三种服务链中最灵活的一种<sup>[6]</sup>。

流程管理链提出利用工作流管理技术进行 GIS 服务聚合操作, 但与传统工作流应用相比, GIS 服务聚合作为一种新型的应用模式具有以下不同的应用特点: (1) 服务的应用空间更大, 服务提供商是遍及

\* 收稿日期: 2007- 06- 21

基金项目: 国家“863”计划资助项目(2006AA12Z205); 教育部博士点基金资助项目(20059998012)

作者简介: 何凯涛(1970—), 男, 高级工程师, 博士生。

广域网的; (2) 服务是动态变化的; (3) 在 Web 环境下, 具有相同功能的服务可能存在多个, 各个服务所不同的是其非功能属性(QoS); (4) 服务是分布的、异构的、自治的。因此, 传统的工作流技术并不完全适合于服务聚合的应用, 需要在当前工作流技术的基础上融入服务的特点, 以适应集成服务并实现服务之间的协同要求。

针对以上分析, 基于 GIS 服务的特点和动态服务聚合的应用实际, 本文提出了一种基于工作流的 GIS 服务动态聚合方法; 与之相对应, 提出了 GIS 服务聚合技术体系, 对 GIS 服务聚合的研究内容和层次关系进行阐述; 参考工作流的研究成果<sup>[7-8]</sup>, 提出了动态 GIS 服务聚合参考模型 DSCRM, 确定了动态服务聚合研究框架, 为动态服务聚合平台的开发以及动态服务聚合应用的构建提供了可参考的计算模型; 文章结合所承担 SIG 项目中城市消防危机应急处理的 GIS 服务聚合应用来说明本文工作的可行性和有效性。

## 1 基于工作流的 GIS 服务动态聚合方法

与普通 Web 服务不同, GIS 服务面向的是复杂的分布式空间处理功能与分布式空间数据, 因此具有计算密集和数据密集等特点。空间信息聚合应用中各个组件服务的任何异常和错误都可能造成聚合流程执行的失败, 从而造成计算资源的极大浪费。因此, GIS 服务聚合中不仅要考虑组件服务的可达性<sup>[9]</sup> (即能够发现所需的 GIS 服务), 还需要考虑 GIS 服务的可用性和可靠性问题, 为此, 本文提出了服务群的概念。

**定义 1** 服务群(Service Group, SG) 是指由不同服务提供商提供的, 具有相同调用接口, 能够提供相同服务能力的一组 GIS 服务。服务群中的每一个 GIS 服务被称作该服务群的候选服务。

基于工作流的动态服务聚合的主要思想是基于特定的聚合应用逻辑, 利用工作流的概念建立通用服务聚合模型, 通过对通用服务聚合模型的实例化(为通用模型中的任务选择具体服务)形成一条可执行的服务链来满足具体的应用需求。通用服务聚合模型描述了完成一类具有相同特征的空间信息应用需要执行的任务/步骤以及这些任务/步骤的执行所必须遵循的次序等(本文中, 任务或步骤称为服务聚合模型的一个服务结点(Service Node, SN))。

**定义 2** 服务聚合模型(Services Composition Model, SCM) 用于描述聚合服务的流程逻辑, 由多个 SN 和一系列决定 SN 执行次序的条件以及执行 SN 功能的资源类(服务群)组成, 定义了服务聚合流程中各个 SN 之间的协同关系。

SCM 是一个不可执行的抽象服务链, 它关注的是聚合流程的业务逻辑和功能。用户根据特定应用需求, 通过为各个 SN 或者整个服务流程定义 QoS 约束(服务选择策略)来得到服务聚合方案。

**定义 3** 服务聚合方案(Services Composition Plan, SCP) SCM 为每一个服务结点指定了一个功能实现资源类, 普通用户在调用 SCM 时, 需要根据自身特定的应用需求定义从各个服务结点对应服务群中选择具体实现服务的选择策略, 形成 SCP。

在 SCP 的实际执行过程中, 聚合服务执行引擎通过对 SCP 中所定义的服务选择策略进行解析, 利用服务动态选择机制从各个服务群中抽取具体的组件服务, 形成可执行的服务链来满足用户的具体应用需求, 所形成的可执行的服务链叫做服务聚合实例。

**定义 4** 服务聚合实例(Service Composition Instance, SCI) 是一条可执行的具体服务链, 服务聚合实例是由服务聚合执行引擎根据服务聚合方案中所定义的服务选择策略从各个服务结点对应的服务群中抽取具体的 GIS 服务所形成的满足特定应用需求的服务流程。

SCM、SCP 和 SCI 构成了基于工作流的动态服务聚合的实现基础(如图 1); 业务人员根据择定的应用逻辑建立满足某一类应用需求的 SCM, 普通用户根据自身应用需求在 SCM 中设定 QoS 约束(服务选择策略), 形成满足用户个性化需求的 SCP, 聚合执行引擎根据服务选择策略为每一个服务结点选择具体的实现服务, 形成 SCI, 从而实现从抽象到具体、从通用到个性化的需求满足过程; 通过对 SCI 中各个服务的调用来满足用户的功能需求。

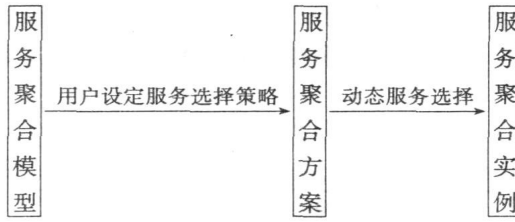


图 1 SCM、SCP 和 SCI 之间的关系

Fig. 1 Relation of SCM、SCP、SCI

## 2 基于工作流的 GIS 服务聚合技术体系

聚合技术体系指的是 GIS 服务聚合过程中所涉及到的各种关键技术和相关技术规范与标准, 它是 GIS 服务聚合的基本技术框架。GIS 服务聚合是一个复杂的技术体系, 它涉及服务描述、服务匹配、服务选择、流程建模与分析、流程执行、QoS、事务等复杂的过程和技术。与第 1 节所述方法相对应, 本文提出了 GIS 服务聚合技术体系(如图 2), 对 GIS 服务聚合的研究内容和层次关系进行阐述。

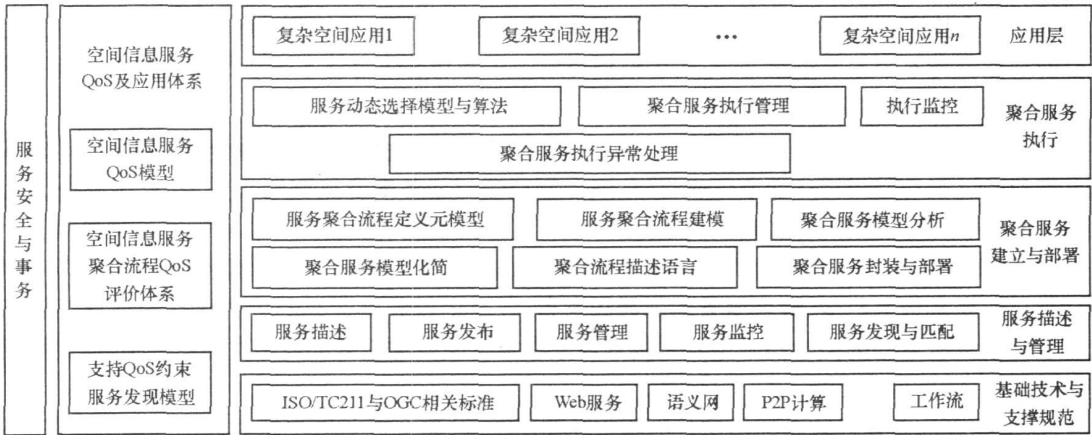


图 2 基于工作流的 GIS 服务动态聚合技术体系

Fig. 2 Technical architecture of GIS web services dynamic composition based on workflow

与 GIS 服务聚合流程的整个生命周期相对应, 将整个 GIS 服务聚合技术体系划分为六个部分: (1) 基础技术与支撑规范; (2) 服务描述与管理; (3) 聚合服务建立与部署; (4) 聚合服务执行; (5) 服务 QoS 模型及应用体系; (6) 服务安全与事务。其中基础技术和支撑规范是服务聚合操作的理论基础, 服务描述与管理是服务聚合应用的前提条件, 服务 QoS 模型及应用体系、服务安全与事务是服务聚合应用的支撑技术, 聚合服务建立与部署、服务聚合执行是服务聚合应用的具体实施技术。GIS 服务聚合技术体系表达了本文对 GIS 服务聚合的研究内容和层次关系的理解, 建立了空间信息服务聚合的研究框架; 目前有关基于工作流的服务聚合研究工作基本上都是围绕上述技术体系的一个或者多个层次展开的。与上述服务聚合技术体系相对应, 可以比较清晰地定位相关研究工作。服务聚合技术体系为 GIS 服务动态聚合关键技术的研究和 GIS 服务动态聚合系统的设计提供了总体框架和顶层指导。

## 3 基于工作流的动态服务聚合参考模型

### 3.1 动态服务聚合参考模型 DSCRM

工作流技术是一种能够指导空间信息服务聚合应用的参考性原理和方法, 动态服务聚合的框架可在一定程度上参考工作流相关技术来进行设计; 基于对 GIS 服务动态聚合实施机制的分析, 结合 GIS 服

务特点和动态服务聚合的应用实际,并参考 WfMC 提出的工作流参考模型<sup>[6]</sup>,本文提出一种动态服务聚合参考模型 DSCRM(如图 3),为动态服务聚合平台的开发和服务聚合应用的构建提供可参考的计算模型。

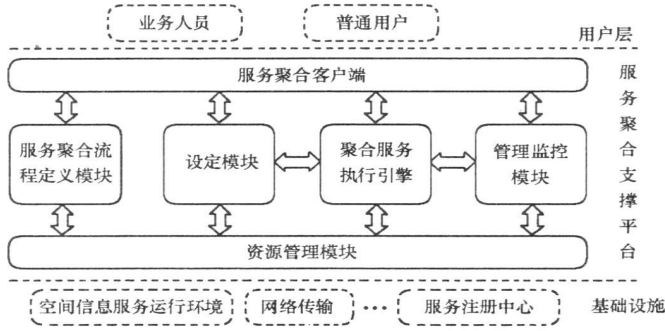


图 3 动态服务聚合参考模型 DSCRM

Fig. 3 Dynamic service composition reference model

服务聚合支撑平台是 DSCRM 的主要考察对象,建立在服务运行环境等 GIS 服务基础设施之上。支撑平台的功能分为 6 个主要组成部分,每个模块对应于服务动态聚合技术体系的相应层次,并针对相应层次的关键问题,提供相应的解决方案。

- 服务聚合客户端是用户进行服务聚合应用的入口,用户任务的提交和服务聚合执行结果的返回等信息都是通过聚合应用客户端来完成;服务聚合客户端与服务聚合流程定义模块、设定模块、聚合服务执行引擎和管理监控模块存在交互关系,进行聚合流程的创建、设定、执行以及相关管理操作。

- 服务聚合流程定义模块的功能是辅助业务人员进行聚合服务应用的流程建模、模型分析与简化、模型描述、聚合服务封装、聚合服务的部署和发布,以及进行服务资源的分类建立服务群等操作;聚合流程定义模块所采用的关键技术主要是技术体系中聚合服务建立与部署层次和服务描述与管理层次的关键技术。

- 设定模块的主要任务是根据用户的特定功能需求,从聚合服务模型库中选择具体的服务聚合模型,并根据应用实际施加服务选择质量约束形成服务聚合方案,在此基础上对抽象的服务聚合方案进行实例化;设定模块是服务聚合平台提供 Run Time 支撑的主要模块,所采用的关键技术主要是 GIS 服务聚合技术体系中聚合服务执行层次的关键技术。

- 聚合服务执行引擎是完成服务聚合业务应用的关键环节,主要功能是提供聚合服务实例的解释、执行环境,创建并管理聚合服务实例,协调各个组件服务的访问和执行;根据聚合服务的业务逻辑进行执行控制和活动导航,激活并调用组件服务,以及控制聚合服务实例的激活、挂起、恢复、终止等状态。服务聚合引擎所采用的关键技术主要是 GIS 服务聚合技术体系中聚合服务执行层次的关键技术。

- 管理监控模块的主要功能是对聚合服务的执行进行监控和管理,以及对聚合服务应用过程中所涉及的服务群元数据中心、聚合服务模型库进行维护等管理操作。

- 资源管理模块包括服务群元数据中心和聚合服务模型库,分别实现对聚合服务应用中所涉及的服务群和聚合服务模型描述、发布、组织、管理和维护功能。

### 3.2 动态服务聚合应用流程

与 DSCRM 模型相对应,本文对 GIS 服务动态聚合应用的具体应用流程进行分析,从应用层面描述了空间信息服务聚合的操作步骤和研究体系。图 4 从聚合服务定义和应用两个方面对服务聚合应用流程进行了描述,具体描述如下:

#### 1. 聚合服务定义应用流程

服务群和服务聚合模型是动态服务聚合应用的前提和基础,聚合服务定义应用流程描述了服务群

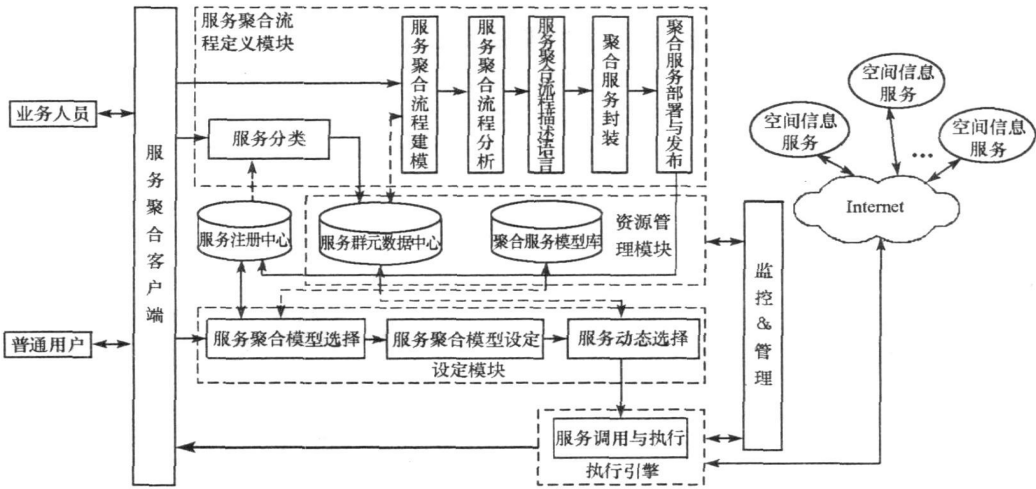


图 4 动态服务聚合应用流程

Fig. 4 Process of dynamic service composition

和服务聚合模型的建立方法, 其主要步骤如下:

- (1) 业务人员提出服务群建立请求(包含能力描述和接口信息), 服务分类器对请求进行解析, 发现服务群的候选服务; 对建立的服务群及候选服务在服务群元数据中心进行注册和发布;
- (2) 业务人员根据特定的业务逻辑进行服务聚合流程建模操作, 产生服务聚合模型;
- (3) 对服务聚合模型进行分析, 发现其中存在的结构、性能以及资源有效性方面的问题, 保证聚合服务模型在投入运行时的正确性和有效性;
- (4) 使用服务聚合流程描述语言对服务聚合模型进行描述, 并将服务聚合模型描述文件在聚合服务模型库进行注册和发布;
- (5) 对聚合服务以 Web 服务的形式进行封装, 生成新的 GIS 服务;
- (6) 对经过封装操作所产生的新的 GIS 服务进行部署, 并把该聚合服务作为一个新的服务进行注册和发布; 聚合服务定义流程结束。

## 2. 聚合服务的应用流程

聚合服务的应用模式可以分为两种, 即通过服务聚合客户端的方式和通过应用程序开发的方式; 由于在应用程序中对聚合服务的应用只需要通过标准的 GIS 服务调用接口即可实现, 因此本文仅对通过服务聚合客户端的聚合服务应用流程进行分析:

- (1) 用户通过浏览模式或者提交聚合应用查询请求的方式来选择满足自己功能需求的空间信息聚合服务, 启动聚合服务应用流程;
- (2) 用户根据自身的需求设定服务选择策略产生服务聚合方案, 服务选择策略的设定可以在服务结点层次上, 也可以在聚合服务流程层次上;
- (3) 对聚合服务方案进行解析, 提交给服务动态选择模块进行聚合服务实例化操作; 根据用户设定的服务选择策略, 从服务聚合方案中各个服务结点对应的服务群中选择具体的服务, 形成可执行的服务链, 即服务聚合实例;
- (4) 按照聚合服务流程逻辑绑定并调用各个组件服务, 完成聚合服务的执行, 并将执行结果返回给用户; 聚合服务应用流程结束。

## 4 GIS 服务动态聚合应用实例

本文研究成果已经在所承担的 SIG 项目(Spatial Information Grid)城市消防危机应急处理服务聚合应用中得到了应用。

城市消防危机应急处理是针对城市火警的一种自动化处理流程,通过集成地理上分布的各种空间数据资源和空间信息处理资源,为指挥部门的决策提供支持,具体的执行过程如下:(1)接受市民或者传感器采集的火警信息,启动火警危机处理流程;(2)把火警发生地的地名转化为地理坐标;(3)通过地理坐标从各个部门获取火警发生地的矢量数据和影像数据;(4)对获取的空间数据进行集成并进行显示,从而使得决策部门能够直观了解火警发生地的周边环境等信息,为救灾决策提供支持。

通过上述分析可以确定消防危机应急处理聚合服务由地理编码、矢量数据获取、影像数据获取和数据集成4个服务结点组成,通过图形化的用户界面构建的服务聚合模型及其按照本文思想对该聚合服务的执行结果分别如图5和图6所示。



图5 消防危机处理聚合服务模型  
Fig.5 SCM of city fire emergency disposal



图6 消防危机处理聚合服务执行结果  
Fig.6 Result of fire disposal composite service

## 5 结束语

基于GIS服务的特点和动态服务聚合的应用实际,提出了基于工作流的GIS服务动态聚合实现机制;提出了基于工作流的GIS服务动态聚合技术体系,界定了GIS服务聚合的研究内容和层次关系,为GIS服务动态聚合关键技术的研究和GIS服务动态聚合系统的设计提供了总体框架和顶层指导;参考工作流的研究成果,提出了动态服务聚合参考模型DSCRM,为开发聚合服务支撑平台以及在此基础上构造特定的服务聚合应用提供了可参考的计算模型。给出的聚合应用说明了本文工作的可行性和有效性。

## 参考文献:

- [1] 刘书雷. 基于工作流的空间信息服务聚合技术研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2006.
- [2] Benatallah B, Dumas M, Sheng Q Z, et al. Declarative Composition and Peer-to-peer Provisioning of Dynamic Web Services [C]// ICDE, 2002.
- [3] Zeng L Z, Benatallah B, Dumas M. Quality Driven Web Service Composition [C]// Proceedings of WWW, 2003: 411-421.
- [4] OGC. The OpenGIS Abstract Specification Topic 12: OpenGIS Service Architecture [OL]. <http://www.opengis.org/docs/02-112.pdf>, 2002.
- [5] 贾文珏, 李斌, 龚建雅. 基于工作流技术的动态GIS服务链研究[J]. 武汉大学学报, 2005, 30(11): 982-985.
- [6] Alameh N. Service Chaining of Interoperable Geographic Information Web Service[J]. IEEE Internet Computing, 2003, 7(5): 22-29.
- [7] Workflow Management Coalition. Workflow Management Coalition Terminology & Glossary[R]. Document Number WfMC-TC-1011, 1999.
- [8] van der Aalst W, van Hee K. Workflow Management: Models, Methods, and Systems [M]. MIT Press, 2002.
- [9] 王方雄. 基于原子服务的网格空间信息服务互操作研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.