

事件驱动的城市信息聚焦服务模型与系统

陈能成^{1,2} 王晓蕾¹ 肖长江¹ 龚健雅^{1,2}

1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,湖北 武汉,430079

2 地球空间信息技术协同创新中心,湖北 武汉,430079

摘 要:如何根据城市突发事件应急处置任务需求,对分散的数据和服务资源进行高效聚集,辅助突发事件决策是智慧城市建设需要解决的问题之一。提出了事件驱动的城市信息聚焦服务模式,通过事件触发决策过程,实现事件处置任务需求和城市信息资源的无缝衔接和聚合,辅助决策者对城市突发事件有效处理决策及快速有效处置;设计了抽象决策信息聚焦服务链和决策结果的注册信息模型,实现了事件驱动的城市信息聚焦服务系统。以太原市燃气扩散事件为例开展系统应用实验,结果表明了所提的聚焦服务模式、注册信息模型和系统辅助城市突发公共事件应急处置决策的可行性和适用性。

关键词:智慧城市;突发公共事件;城市信息资源;聚焦服务

中图法分类号:P208

文献标志码:A

智慧城市^[1-3]中各类数据和服务等信息资源丰富,数据资源包括城市自来水、电气、燃气、管线等的实时监测数据,历史存档的基础地理数据和水电气管线监测的存档数据,CORS 站位置信息、遥感卫星影像、无人机影像、RFID 射频和视频监控等数据;服务资源包括地理空间数据互操作服务(网络要素服务 WFS,网络覆盖服务 WCS,网络地图服务 WMS 等),传感器观测服务(sensor observation service, SOS)^[4-8],网络处理服务(web processing service, WPS)^[9, 10],传感器事件服务(sensor event service, SES)^[5, 11]和消息通知服务(Web notification service, WNS)等。另外,城市中各类突发公共事件频发,如各类事故灾难(包括安全事故、交通运输事故、公共设施和设备事故等)时有发生^[12],常常造成重大人员伤亡和经济损失。如何根据城市突发公共事件应急处置的决策任务需求,对城市各类信息资源进行高效聚集,建立面向城市突发公共事件应急处置任务的城市决策聚焦服务^[13-14],提供及时、可靠的信息服务,从而满足智慧城市中突发公共事件综合性、区域性和专题性的分析决策需要,是智慧城市建设迫切需要解决的问题。

现有的决策支持和服务模型局限于孤立地获取特定的、有限的信息,难以适应分布式、协作的

网络化环境,无法根据城市突发公共事件应急处置任务对分散的传感器、数据、计算和决策资源进行高效聚集,完成事件的预警和通知、信息处理和决策支持的联动机制^[15]。

(1)决策过程链网络化共享和协作管理困难。目前方法对于服务链采用单机操作及管理模式,服务链模型文件存储在本地,共享和复用困难,利用效率低下。

(2)网络环境下城市事件驱动的抽象决策服务链的精确高效、发现方法缺乏。现有相关方法建立的抽象决策服务链大都是孤立的,没有关联城市事件信息,在面对城市重大突发事件时,采取基于经验的人工决策服务链的查找方式。这种工作方式不仅极大地依赖决策者对于灾害应急决策流程的先验知识,也极大地限制了处置服务链发现和获取效率,难以满足突发事件应急处置高效、精确的要求。

(3)城市突发事件决策结果的网络化共享和个性化服务手段缺乏。现有方法中决策结果以本地存储为主,难以复用,决策结果应用效益低下。

通过对抽象决策服务链进行统一描述并关联城市事件信息,对决策结果进行统一描述并关联城市事件信息与抽象决策服务链信息,并在注册中心注册,可以实现抽象决策信息聚焦服务链的

共享及协作管理,事件驱动的抽象决策信息聚焦服务链精确发现和决策结果的共享。针对此,本文提出了事件驱动的城市信息聚焦服务模式和注册信息模型,设计并实现了事件驱动的城市信息聚焦服务系统,并以太原燃气扩散事件为例开展模型和系统的验证。

1 事件驱动的城市信息聚焦服务模式

事件驱动的城市信息聚焦服务模式(如图 1 所示)通过城市突发公共事件触发决策过程,解决事件处置任务需求和城市信息资源(数据资源和分析与决策模型服务资源)的无缝衔接和聚合,辅助决策者对城市突发公共事件的决策处置。

事件驱动的城市信息聚焦服务模式涉及多个交互角色,包括注册中心、城市突发公共事件、城市信息资源、聚焦服务软件和决策者等。注册中心注册城市突发公共事件信息、城市数据资源、城市分析与决策模型资源、抽象决策信息聚焦服务链及决策结果,同时在考虑各类资源特点的基础上提供满足其实际应用需求的操作接口,一般包括注册、查询、更新等资源操作接口。5 个交互角色以注册中心为中心,发生直接或间接的交互,形成事件驱动的城市信息聚焦服务模式的工作流程。

- (1)资源注册:涉及关联常见城市突发公共事件的抽象决策信息聚焦服务链注册、城市事件信息注册等。此步骤为实现事件驱动的城市信息聚焦服务的前提。
- (2)事件触发:城市突发公共事件触发决策,聚焦服务软件开始城市信息聚焦服务。
- (3)抽象决策服务链查询获取:聚焦服务软件利用注册中心提供的查询接口查询并获取关联所发生事件类型及阶段的抽象决策信息聚焦服务链。
- (4)服务绑定和数据关联:决策信息聚焦服务软件对获取的抽象决策信息聚焦服务链绑定具体的服务实例并关联数据资源,形成可执行的服务链实例。
- (5)服务链实例执行及决策结果注册内容构建:决策信息聚焦服务软件执行服务链实例,得到中间决策结果及最终决策结果,同时构造各决策结果关联了事件及服务的注册信息模型的形式化实例。
- (6)决策结果注册及共享:决策信息聚焦服务

软件发布决策结果,形成可访问的网络资源,同时利用注册中心提供的注册接口注册步骤(5)构造的各决策结果注册信息模型的形式化实例,实现决策结果的共享。

(7)决策结果获取:决策者通过互联网从注册中心获取城市突发公共事件决策结果。

(8)决策处置:决策者利用步骤(7)获取的决策结果辅助城市突发公共事件决策处置。

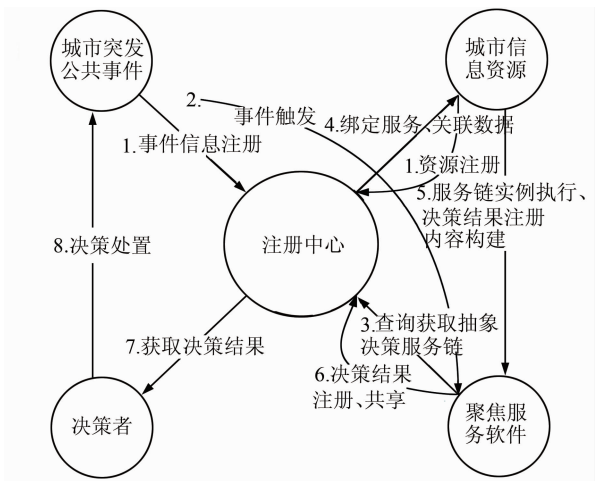


图 1 事件驱动的城市信息聚焦服务模式
Fig. 1 Event-driven Focusing Service Pattern of City Information Resources

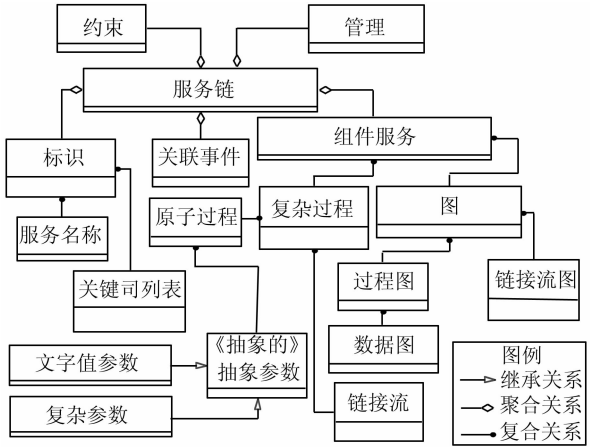
2 注册信息模型

为了实现事件驱动的城市信息聚焦服务,需要构建两个注册信息模型:抽象决策信息聚焦服务链注册信息模型和决策结果注册信息模型。前者用于构建抽象决策信息聚焦服务链库(图 1 步骤 1),实现抽象决策信息聚焦服务链共享及协作管理,事件驱动的抽象决策信息聚焦服务链精确发现;后者用于决策结果共享(图 1 步骤 5、6),辅助决策者对城市突发公共事件决策处置。

2.1 抽象决策信息聚焦服务链注册信息模型

抽象决策信息聚焦服务链注册信息模型(模型总体结构如图 2 所示),对抽象决策信息聚焦服务链进行统一描述并在注册中心注册,通过注册中心提供的接口,实现抽象决策信息聚焦服务链的共享及协作管理,以及城市突发公共事件驱动的精确发现。从图 2 可以看出,注册信息模型包括标识信息、关联事件信息、组件服务信息、管理信息和约束信息。标识信息描述抽象决策信息聚焦服务链的基本信息,包括服务链名称、摘要、关键词、标识符、用途和提供者信息;关联事件信息描述抽象决策信息聚焦服务链关联的城市突发公

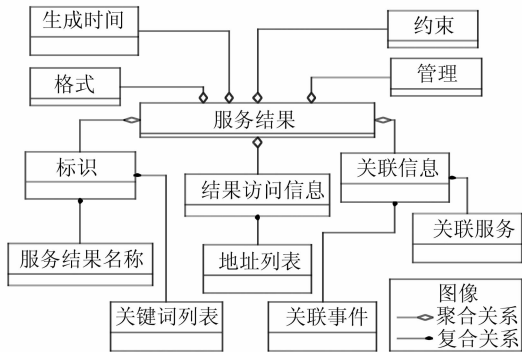
共事件信息,包括事件类型和事件阶段,是抽象决策信息聚焦服务链基于城市突发公共事件精确发现的基础;组件服务信息描述服务链包含的复杂过程和图信息,其中复杂过程又包括一个或多个原子过程及原子过程之间的链接流,图信息包括一个或多个过程图及链接流图;管理信息包括联系信息、历史信息、文档信息等,其中历史信息记录服务链的注册及更新历史;约束信息包括法律约束和安全约束。基于图 2 表示抽象决策信息聚焦服务链注册信息模型,构建抽象决策信息聚焦服务链信息模型约束模式文档,可以实现抽象决策信息聚焦服务链注册信息模型的形式化表达。



2.2 决策结果注册信息模型

决策结果注册信息模型(模型总体结构如图 3 所示)对决策结果进行统一描述并在注册中心注册,通过注册中心提供的接口,实现决策结果的网络化共享。从图 3 可以看出,该注册信息模型包括 7 个方面的信息,包括标识信息、关联信息、生成时间信息、格式信息、访问信息、管理信息和约束信息。标识信息描述决策结果的基本信息,包括决策结果名称、摘要、关键词、标识符和提供者信息;关联信息描述决策结果关联的突发公共事件信息和关联的服务信息,其中关联的突发公共事件信息包括事件标识符、事件名称、事件发生地点、事件类型和事件所处阶段,关联的服务信息包括产生该结果的服务 ID 和该服务所属服务链的 ID,通过关联信息,可以快速精确定位决策结果,为决策结果的发现、获取以及溯源提供支持;生成时间信息记录该决策结果生成时间,以标准时间格式表示(如 ISO8601);格式信息描述决策结果的存储格式(如 GML、GeoTIFF 等);访问信

息描述决策结果的网络访问路径;管理信息包括联系信息、历史信息和文档信息等;约束信息包括法律约束和安全约束。基于图 3 所示的决策结果注册信息模型,构建决策结果注册信息模型约束模式文档,可以实现决策结果注册信息模型的形式化表达。



3 系统设计

3.1 系统体系结构

系统整体上采用面向服务的体系架构,如图 4 所示,通过网络化分布式服务协作实现城市突发公共事件辅助决策支持。系统同时扮演服务提供者和服务消费者两个角色。注册中心统一管理分布在网络各个节点上的数据资源和服务资源等城市信息资源,供城市信息聚焦服务系统获取及使用。

3.2 系统功能

(1) 抽象决策信息聚焦服务链建模与注册。抽象决策信息聚焦服务链建模包含服务链可视化建模和服务链注册信息模型构建两个部分。抽象决策信息聚焦服务链注册是将服务链注册信息模型的形式化实例注册到注册中心。该功能通过系统的抽象服务链建模组件和注册中心交互组件协作实现。

(2) 抽象决策信息聚焦服务链发现与实例化。抽象服务链发现是指根据城市中发生的特定事件,从注册中心发现预先注册的关联该类事件特定阶段的抽象决策信息聚焦服务链;服务链实例化针对发现的每一个抽象决策信息聚焦服务链,关联具体的数据资源并绑定服务资源,形成可执行的服务链实例。该功能通过系统的注册中心交互组件和抽象服务链实例化组

件协作实现。

(3) 决策信息聚焦服务链实例执行与决策结果共享。服务链实例执行依次执行服务链中的原子服务,直至完成整条服务链的执行,同时对原子服务的执行情况进行监控,该功能通过系统的服务编排组件实现。决策结果包括中间结果和最终结果,中间结果是指聚焦服务链中每条子链的执行结果,最终结果则是整条服务链的执行结果。聚焦服务结果注册构建服务结果信息模型的形式化实例并注册到注册中心;聚焦服务结果发布是将服务结果发布到互联网,形成可访问的网络资源。该功能通过系统的注册中心交互组件和决策结果共享组件协作实现。

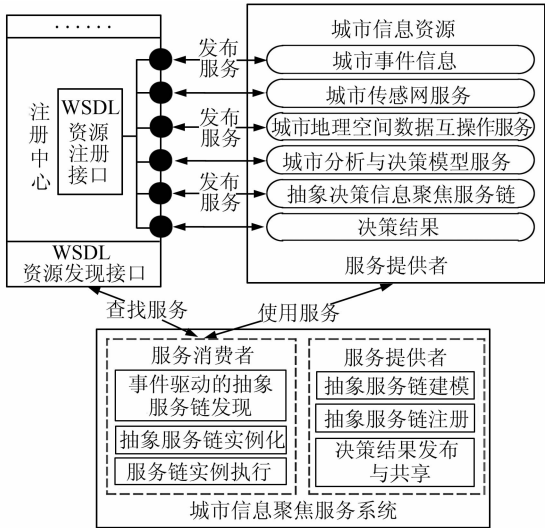


图 4 系统体系结构

Fig. 4 Architecture of the Proposed System

3.3 系统外部接口

系统与外部实体(注册中心、服务编排引擎以及城市信息资源)之间的交互接口主要分为三类。

(1) 注册中心交互接口:即注册中心提供的针对各类数据资源和服务资源等城市信息资源的注册、更新和发现接口。

(2) 服务编排引擎交互接口:包括服务链实例执行接口、服务编排引擎提供的过程管理和实例管理接口。

(3) 数据和服务调用接口:对各类数据资源和服务资源调用的接口,用于实例化抽象决策信息聚焦服务链。

4 应用实例

智慧城市事件驱动的城市信息聚焦服务系统可以聚集城市各类数据资源和服务资源等信息资

源,辅助城市突发公共事件各阶段处置决策。城市常见公共突发事件包括燃气泄漏、管涌、断电等。本文以燃气扩散事件为例,针对事件演进的过程,将其分为 4 个阶段:

(1) 事件监测阶段:不参与处理。

(2) 事件告警阶段:从注册中心发现异常事件,获取关联燃气扩散事件告警阶段的抽象决策服务链(由燃气扩散模型服务、缓冲区模型服务、叠置分析模型服务、最短路径分析模型服务构成),通过实例化并执行服务链,依次获得每个模型服务和整条服务链的输出(燃气扩散爆炸的影响区域、相关责任单位及负责人、扩散区域高危地点、公安消防等责任单位到达现场的最短路径等),图 5(a)、5(b)分别表示由燃气扩散模型和缓冲区分析模型构成的燃气扩散影响范围决策处置服务链及决策结果(在 Android 终端显示)。

(3) 事件应急处置阶段:从注册中心发现关联燃气扩散事件应急处置阶段的抽象决策服务链,针对最短路径分析模型服务,关联具体数据(人员聚集区位置、下风向安全疏散区域位置等),实例化并执行服务链,获得人员疏散路线;针对路径规划模型服务,实例化并执行服务链,生成各单位出警模拟信息(相关联的公安、消防、医院、燃气公司等,及政府部门出警点选择、路径规划信息)。

(4) 事件恢复评估阶段:从注册中心发现燃气泄漏事件恢复评估阶段的抽象决策信息聚焦服务链(由突发应急评估模型服务构成),通过关联所需数据,实例化并执行服务链,输出燃气泄漏事件评估信息,包括燃气扩散事件影响区域范围、经济财产损失等信息。

5 结 语

目前已有较多成熟的商业或开源的适用于通用服务组合的工作流引擎,但是缺乏事件驱动机制,难以满足智慧城市突发公共事件应急决策处置需求。本文提出的事件驱动的城市信息聚焦服务模式通过事件触发决策过程,解决事件处置任务需求、数据资源和分析与决策模型服务资源的无缝衔接和聚合。基于该模式以及所提注册信息模型设计和实现的事件驱动的城市信息聚焦服务系统,相比于现有的系统,具有如下优点。

1) 支持抽象决策信息聚焦服务链共享及协作管理,提高了抽象决策信息聚焦服务链(决策流程)的利用率,同时打破了传统方法对服务链的单机操作及管理模式,实现了“一人创建,多方使用,

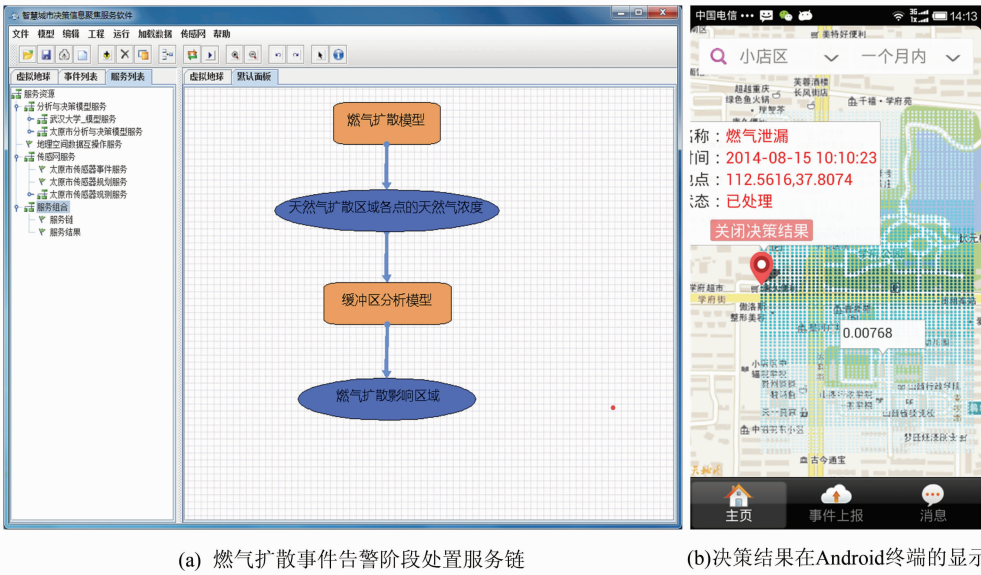


图 5 燃气扩散事件告警阶段处置服务链与决策结果

Fig. 5 Service Chain for Processing Gas Leakage Event in Warning Phase and Decision Results Display on Android Terminals

共同维护,协作管理”的聚焦服务链管理新模式;

2) 支持网络环境下城市事件驱动的抽象决策信息聚焦服务链精确、高效发现和决策结果的网络化共享,有助于实现对城市突发公共事件的快速应急响应和决策支持,同时提高了决策结果的应用效益;

3) 实现了事件发生、信息处理和决策支持的联动机制,有助于提高突发公共事件应急响应的自动化程度和效率。

本文针对常见事件各个阶段预先构建和注册决策处置方案(抽象决策信息聚焦服务链),形成事件决策流程预案库,属于静态事件驱动过程,下一步需要研究如何动态地构建针对城市突发公共事件及其阶段的决策方案,以更加高效、快速地响应城市突发公共事件和辅助决策。

参 考 文 献

[1] Li Deren, Yao Yuan, Shao Zhenfeng. Big Data in Smart City[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2014, 39(6): 631-640 (李德仁, 姚远, 邵振峰. 智慧城市中的大数据[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2014, 39(6):631-640)

[2] ITU-T Focus Group on Smart Sustainable Cities. Integrated Management for Smart Sustainable Cities [OL]. http://www.itu.int/en/ITU-T/focus-groups/ssc/Documents/Finalized_Deliverables/fg-ssc-0210-r5-technical_report_integrated_management_for_ssc.doc, 2015

[3] Chen Nengcheng, Wang Wei, Wang Chao, et al.

Integrated Management for Smart City[M]. Beijing: Science Press, 2015(陈能成, 王伟, 王超, 等. 智慧城市综合管理[M]. 北京:科学出版社, 2015)

[4] Chen Nengcheng, Xiao Changjiang, Pu Fangling, et al. Cyber-physical Geographical Information Service-Enabled Control of Diverse In-situ Sensors[J]. *Sensors*, 2015, 15(2): 2 565-2 592

[5] Bröring A, Echterhoff J, Jirka S, et al. New Generation Sensor Web Enablement[J]. *Sensors*, 2011, 11(3): 2 652-2 699

[6] Chen Nengcheng, Wang Ke, Xiao Changjiang, et al. A Heterogeneous Sensor Web Node Meta-model for the Management of a Flood Monitoring System [J]. *Environmental Modeling & Software*, 2014, 54:222-237

[7] Chen Nengcheng, Di Liping, Yu Genong, et al. A Flexible Geospatial Sensor Observation Service for Diverse Sensor Data Based on Web Service[J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2009, 64(2): 234-242

[8] Xiao Changjiang, Chen Nengcheng, Li Jizhen, et al. Online Planning for Video Sensors Within the Context of Sensor Web[J]. *Journal of Computer Applications*, 2014, 34(S2): 1-3, 23(肖长江, 陈能成, 李继珍, 等. 传感网环境下视频传感器在线规划[J]. 计算机应用, 2014, 34(S2):1-3, 23)

[9] OGC 05-007r7. OpenGIS Web Processing Service [S] (Version 1.0.0). Wayland, MA, USA: Open Geospatial Consortium, 2007

[10] Chen Zeqiang, Chen Nengcheng, Yang Chao, et al. Cloud Computing Enabled Web Processing Service

for Earth Observation Data Processing [J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2012, 5(6): 1 637-1 649

[11] Fan Minghu, Fan Hong, Chen Nengcheng, et al. Active On-demand Service Method Based on Event-driven Architecture for Geospatial Data Retrieval [J]. *Computers & Geosciences*, 2013, 56: 1-11

[12] The Master State Plan for Rapid Response to Public Emergencies[J]. *China Flood and Drought Management*, 2006, 01: 16-19(国家突发公共事件总体应急预案[J]. 中国防汛抗旱, 2006, 01:16-19)

[13] Huang Hongbin, Xiong Fang, Deng Su, et al. Semantic Relatedness-based Information Focusing Service Model and Approach[J]. *Computer Sciences*, 2011, 38(8):185-188(黄宏斌, 熊芳, 邓苏, 等. 基于语义相关的信息聚焦数学模型及方法研究[J]. 计算机科学, 2011, 38(8):185-188)

[14] Zhu Qing, Li Haifeng, Yang Xiaoxia. Hierarchical Semantic Constraint Model for Focused Remote Sensing Information Service[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2009, 34(12): 1 454-1 457(朱庆, 李海峰, 杨晓霞. 遥感信息聚焦服务的多层次语义约束模型[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2009, 34(12):1 454-1 457)

[15] Li Deren, Tong Qingxi, Li Rongxing, et al. Current Issues in High-resolution Earth Observation Technology[J]. *Science China: Earth Sciences*, 2012, 42(6): 805-813(李德仁, 童庆禧, 李荣兴, 等. 高分辨率对地观测的若干前沿科学问题[J]. 中国科学:地球科学, 2012, 42(6): 805-813)

Model and System for Event-driven Focusing Service of Information Resources in Smart City

CHEN Nengcheng^{1,2} WANG Xiaolei¹ XIAO Changjiang¹ GONG Jianya^{1,2}

1 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China

2 Collaborative Innovation Center of Geospatial Technology, Wuhan 430079, China

Abstract: How to focus distributed data and service resources efficiently for urban emergency decision support and rapid response is a vitally important issue that has to be addressed in the process of smart city construction. In this paper, an event-driven focusing service pattern for city information resources is proposed. It triggers the decision process by events, and realizes a seamless integration of requirements and city information resources, providing comprehensive auxiliary decision support in urban public emergencies. A registration information model for a decision information focusing service chain are also illustrated. Furthermore, an event-driven system for focusing distributed city information resources was designed and implemented. System application experiments were performed with a gas leakage event as a test case. Results show that the proposed focusing service pattern, registration information models, and system are feasible and suitable for emergency response. decision support in the smart city.

Key words: smart city; public emergencies; city information resources; focusing service

First author: CHEN Nengcheng, PhD, professor, specializes in the theories and methods of Earth Observation Sensor Web, spatio-temporal big data and dynamic real-time Web GIS, and location-based smart applications. E-mail: cnc@whu.edu.cn

Foundation support: The National High Technology Research and Development Program of China (863 Program), No. 2013AA01A608; the National Natural Science Foundation of China, No. 41171315.