

doi:10.3799/dqkx.2010.035

# 新一代“数字城市”集成开发平台

吴信才<sup>1,2</sup>

1. 中国地质大学信息工程学院, 湖北武汉 430074

2. 地理信息系统软件及其应用教育部工程中心, 湖北武汉 430074

**摘要:** 为了全面整合现有各类城市信息资源和有效的集成城市各业务部门应用系统, 需要建立一种高效管理城市各类信息资源和提供各种应用与服务的基础信息支撑平台, 以满足“数字城市”信息基础平台建设的需要. 利用 MapGIS 数据中心的数据仓库技术、功能仓库技术和搭建式二次开发技术, 实现“数字城市”集成开发平台. 该平台能提供统一的城市各类业务应用与服务系统, 实现城市各类信息资源共享以及网络化的社会服务, 最大程度地发挥我国城市信息资源的经济效益和社会效益.

**关键词:** “数字城市”; 集成开发平台; 数据中心; 数据仓库; 功能仓库; 地理信息系统.

中图分类号: TP311

文章编号: 1000-2383(2010)03-0331-07

收稿日期: 2010-01-15

## The New Generation Integration Development Platform for Digital City

WU Xin-cai<sup>1, 2</sup>

1. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Engineering Research Center for GIS Software and Applications, Ministry of Education, Wuhan 430074, China

**Abstract:** To fully integrate various urban information resources and effectively consolidate business applications of all urban departments, the foundation information supporting platform is established to meet the need of building information foundation platform for digital city, which can manage various urban information resources effectively and provide various applications and services. The integration development platform for digital is realized by the MapGIS data center technology of data warehouse, function warehouse, building up secondary development. And the platform can provide a unified application and service system for all kinds of urban business and realize network-based social services and sharing various urban information resources. Then it can maximize the economic and social benefits of urban information resources in China.

**Key words:** digital city; integration development platform; data center; data warehouse; function warehouse; geographic information system (GIS).

自1998年1月美国副总统戈尔在加利福尼亚科学中心举行的开放地理信息系统协会上提出“数字地球”(Foster and Kesselman, 1997; Gore, 1998)概念以来,作为“数字地球”(Aurigi, 1999)理论与技术在城市信息化上的具体应用——“数字城市”已成为当前研究的热点和前沿. 另外,随着经济的迅猛发展、人民生活的日益提高和城市建设步伐的不断加快,城市规模也日益扩大,人们迫切需要一个能服务于政府、企业和广大公众的数字化生存环境.

我国在“十·五”、“十一·五”期间将“数字城市”相关项目列入了国家重大科技攻关项目,许多城市已经开始将“数字城市”所涉及的计算机、数据库、网络、通信、遥感、全球定位系统和地理信息系统(geography information system, GIS)等技术应用到城市规划、管理、服务等方面,建立了一些城市基础信息库和城市管网、房产、交通、规划、电子政务等系统,并取得了初步成果. 但是,由于城市在规划、管理和服务等过程中涉及学科繁多、数据类型多样以及信息服务对象需求差异巨大等原因,我国许多城

基金项目: 国家重点“863”项目(No. 2007AA120503); 国家“十一·五”科技支撑计划项目“城市市政基础设施管理与运营关键技术及示范”(No. 2006BAJ15B03).

作者简介: 吴信才(1952-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为地理信息系统工程与应用. E-mail: xcwu@263.net

市在建设“数字城市”过程中还存在着许多问题,主要表现在:(1)目前建立的各类城市基础数据库大都处于分散、独立运行状态,城市数据资源没有得到有效的整合与利用,缺乏有效的组织和管理,形成了严重的信息孤岛;同时各应用系统需要访问分布在多个数据源的异构数据,也需要整合诸如文档、数据库属性表等非空间数据等,这些已成为“数字城市”建设的严重障碍。(2)各类城市业务系统严重缺乏统一性和系统性,还处于独立开发、孤立运行的状态,软硬件平台不统一,需要进一步整合。(3)应用系统的异构功能资源很难复用,城市业务逻辑功能的实现代价较大,许多城市往往是先建新的“信息烟囱”后拆旧的“信息烟囱”,造成了大量资源浪费。因此,如何在分布式异构环境下对空间数据及非空间数据进行有效的集成管理(李德仁等, 2005);如何让越来越复杂的城市应用系统从处理来自多种数据库的异构数据到使多种 GIS 平台功能协同工作;如何从单机单应用程序到分布多服务器集群的运用;如何让异构的功能资源具备搭建级别复用,并且使系统在设计不断调整过程中,系统的开发与维护变得非常容易等。这些均是亟待解决的问题。

随着“数字城市”建设的不断深入,必需建立一种高效管理城市各类信息资源和满足各类应用与服务的基础信息支撑平台——新一代“数字城市”集成开发平台。

## 1 平台体系架构

根据“数字城市”建设的特点,利用面向服务架构的 MapGIS 数据中心的数据仓库和功能仓库技术(Foster and Kesselman, 1997),采用搭建、配置和插件式二次开发技术,按照 MapGIS 数据中心多层体系结构建立“数字城市”集成开发平台的总体架构。如图 1 所示,具体可以分为用户层、MapGIS K9 框架层、功能插件层和仓库管理层(吴信才和吴亮, 2006;吴信才, 2009)。在实际的应用中,“数字城市”建设需要整合的城市信息资源包括电子政务、电子商务、城市交通、医疗保障、公共信息服务、环境监测保护管理和市政基础设施管理(如供水、供热、排水、燃气、路灯、道桥和园林绿化)等方面,随着“数字城市”建设的不断深入,功能插件层不断被丰富,并在仓库管理层的构件仓库中被统一管理;仓库管理层除了利用构件仓库管理维护用户开发的插件资源和功能资源外,还利用数据仓库负责访问存放于各分布的服务器、工作站和主机上的城市数据资源;在框架层,用户基于框架层进行搭建式、配置式等二次开发,得到各个不同具体“数字城市”应用业务系统,并运行;表示层直接面向客户,提供不同“数字城市”应用业务的异构数据表现和信息可视化功能,运行于 Windows 系列操作系统。

多层结构为系统提供了灵活的伸缩性,在框架层、功能插件层、仓库管理层以及表示层之间建立符

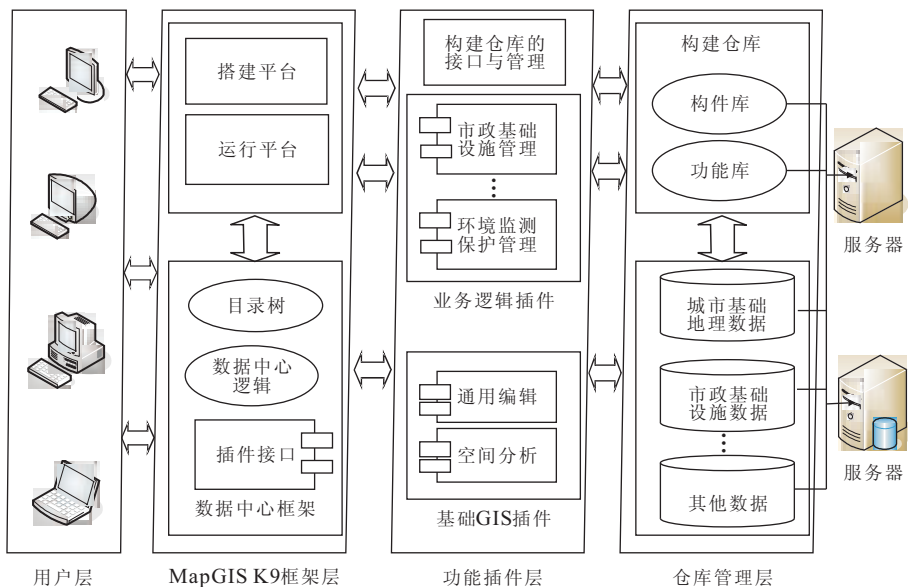


图 1 “数字城市”集成开发平台的分层结构

Fig. 1 The hierarchical framework of integration development platform for digital city

合国际标准的访问接口。在实际应用部署时,可根据不同“数字城市”业务需求扩展系统的某个层面。“数字城市”集成开发平台采用“框架+可聚合的插件+功能仓库+数据仓库”的模式:“数字城市”集成开发平台的框架负责提供数据中心逻辑,并装载/卸载插件;插件是针对不同具体城市业务系统的特性而言,插件可以集成到框架中。通过专题激活,便可以使用插件功能。框架看上去没有多大变化,插件应该遵循框架的接口协议。针对已经存在的“数字城市”业务功能,用户可通过功能仓库进行配置,形成新的插件,所以“数字城市”集成开发平台的插件是可聚合的。

“数字城市”集成开发平台的这种架构设计目的是为了实现在:支持分布式各类城市基础数据和业务数据存储,提供集成化开发;提供统一的城市数据资源管理平台,支持子系统相对独立运行;开发的“数字城市”各类应用系统适用稳定,能够充分满足“数字城市”不同业务需求;采用基于全球唯一标识符(globally unique identifier, GUID)资源转换和元数据过滤规则形成安全的数据仓库和功能仓库模式,保障数据和功能的安全;提供当前最新的搭建式、配置式和插件式二次开发技术,以最快的方式构建各类“数字城市”的业务应用系统和对这些应用系统的集成。

## 2 平台关键技术

### 2.1 数据仓库技术

“数字城市”集成开发平台的数据仓库提供异构 GIS 数据的中间件、数据目录管理、数据维护及安全机制,提供数据入库管理的清洗机制和方法、数据的挖掘(提取、分析、检索)等,针对“数字城市”业务数据的特征,构建“数字城市”数据仓库的过程和结构如图 2 所示。

数据仓库技术在目录系统上实现对“数字城市”各类资源数据的仓库式管理。数据仓库技术无需格

式转换即可直接管理主流 GIS 软件的空间数据,通过维护数据位置的描述,可以得到该数据的位置及类型,并通过合适的程序模块去访问该位置的数据。

“数字城市”的数据仓库能统一处理海量的、多源的、异构的城市各类资源信息,将异地分布的、多级管理的海量城市资源数据集成到统一的数据库环境中,按照不同主题、不同区域、不同时间等多维度进行有效管理,提供不同级别的数据访问接口以及多维动态表达和分析工具,从而克服数据繁杂无序、原始数据多而应用型数据少、数据多而知识少等缺陷,从而为“数字城市”各类应用系统提供了多源、多尺度的数据支撑,为城市的综合管理与服务提供了基础信息。

此外,数据仓库还具有可扩展性,主要体现在中间件技术支持其他 GIS 数据格式的扩展性、文档数据的扩展性、自定义数据类型的扩展性、目录规则的可扩展性等 4 个方面。

### 2.2 功能仓库技术

“数字城市”集成开发平台的功能仓库层次化概念模型如图 3 所示。它提供异构 GIS 功能管理、功能目录管理,提供功能入库管理的清洗机制和方法,提供功能的查询、合并、挖掘(功能的提取与重构),提供完善功能管理机制以及实现功能仓库管理等。

功能仓库在目录系统上实现对功能的仓库式管理,各种功能通过多个目录规则被分门别类地组织起来,提供对各种异构功能的调用机制;提供专门的元数据部分影响目录系统在界面上的表现及定义功能的界面事件;提供查询与检索机制,在功能仓库中的节点,不管是直接定位的还是间接搜索出的,都可以直接用来支持应用。

功能仓库中的每一个功能按照统一的接口规范向外界声明服务,独立并可以重用;既可以用不同平台进行开发,也可以分布在网络上的不同平台上,被不同平台的系统所复用。功能资源复用步骤:查询功

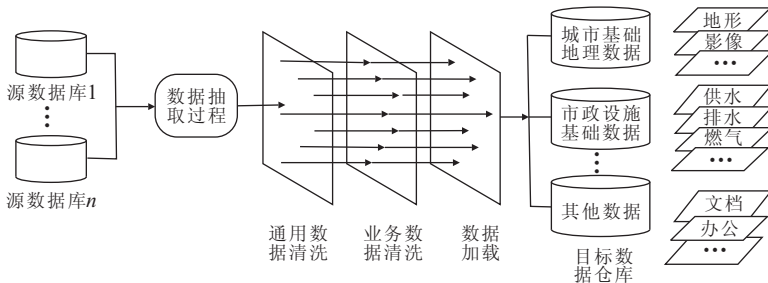


图 2 “数字城市”数据仓库构建及结构

Fig. 2 The constructing and structure of data warehouse for digital city

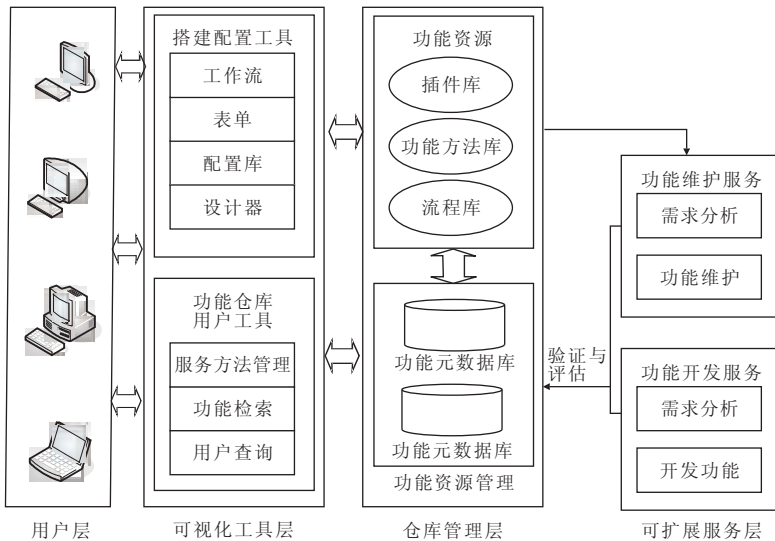


图 3 功能仓库的层次化概念模型

Fig. 3 The hierarchical concept model of function warehouse

能→理解选择功能→搭建功能(根据粒度可选择)→实现功能复用。

功能仓库将集成大量稳定、可靠的标准组件、MapGIS K9 平台相关 GIS 插件以及针对“数字城市”各类业务数据的特点开发的插件,能够在开发软件系统时直接以拖拽的方式使用。

“数字城市”集成开发平台的功能仓库中无论是插件资源,还是组件资源都是可以不断地扩充。利用“数字城市”集成开发平台提供的开发环境制作插件,使插件能够自由访问网络中的各种资源,实现真正意义上软件插件的“即插即用”,能够很好地实现软件模块的分工开发,可较好实现代码隐藏并可以保护软件开发第三方的知识产权。针对“数字城市”不同业务的需求,将其封装为各类功能插件,“数字城市”集成开发平台功能插件库作为插件的容器,“数字城市”业务用户使用系统时会自动动态装入所需业务的插件,有二次开发能力的用户还可以利用标准的插件接口开发自己特色的成果,所开发成果自动嵌入容器实现功能扩展。

### 2.3 搭建式开发技术

“数字城市”集成开发平台设计器是实现快速构建多种“数字城市”应用系统的主要工具。如图 4 所示,用户依靠“数字城市”集成开发平台设计器提供的可视化配置工具配置完成系统界面设计,如系统的右键菜单、系统菜单、工具条、状态栏、热键、交互以及各种系统视图的位置等;在“数字城市”集成开发平台的权限模块定义配置角色实现权限系统的设

计;利用 workflow 设计器搭建功能流程和业务流程实现功能的设计;通过表单表达设计器搭建数据资源的 Web 发布;“数字城市”集成开发平台通过数据目录的配置实现数据管理的设计。

“数字城市”的各类应用系统都是依赖于“数字城市”集成开发平台提供的配置或搭建工具,不需要用户编码。搭建平台为系统提供了灵活定制调整、快速搭建配置、系统功能扩展和方便部署维护等。融合 GIS、遥感、三维等技术的“数字城市”集成开发平台,使得功能仓库中 GIS、遥感、三维等控件功能实现的复杂度降低到与普通控件一样,支持以“拖拽”方式的 GIS、遥感、三维等功能搭建。利用 workflow 功能库所提供的注册机制发布不同粒度的程序资源,可以将 workflow 引擎技术直接应用于 GIS、遥感、三维等功能点搭建上,驱动功能流程实例运行,从而实现与开发模式和实现方法无关的“数字城市”各类业务分析处理过程的模型化。

将通用 GIS、遥感、三维功能和“数字城市”各类业务功能封装为功能插件的形式,嵌入作为“容器”的“数字城市”集成开发平台框架中进行功能展现,实现界面操作的统一以及业务功能的可扩展、可配置。插件开发具备很大的灵活性。对于简单的插件,只需要增加功能到功能库即可,例如:一个菜单或者一个工具条等的功能扩充,甚至都可以不用再开发软件,只需要配置即可实现。而对于复杂的功能,可以是插件的聚合;这样就可以将功能分解成最小粒度,组装成比较大的插件;这类插件以后修改也比较方便。

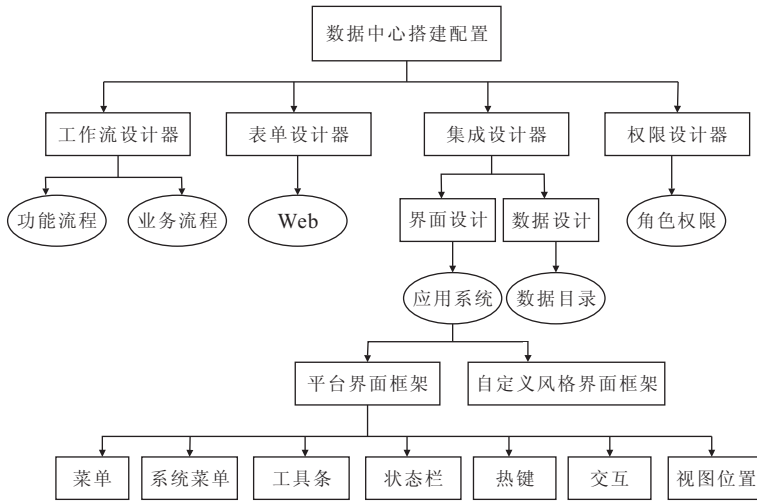


图 4 “数字城市”集成开发平台的搭建与配置

Fig. 4 The building up and configuration of integration development platform for digital city

对于新增加的插件,按照标准的接口开发即可. 由于这些接口都是基于 COM 组件式,所以不限制开发者使用的语言,只需要实现相关的插件. 而关于插件的配置(何时加载或动态加载)都可以通过框架提供的工具实现. 这样,让开发者更侧重于城市业务功能实现,而不局限于框架界面等的整体考虑,大大降低了开发难度,增强了应用程序的灵活性.

### 3 应用实例

针对市政基础设施管理信息化的要求,利用“数字城市”集成开发平台搭建市政应用与服务系统,其系统层次结构如图 5 所示. 在搭建过程中,提取相关共性需求,采用面向服务的架构思想,设计开发出相应的抽象功能模块,而每个功能模块又由若干基本

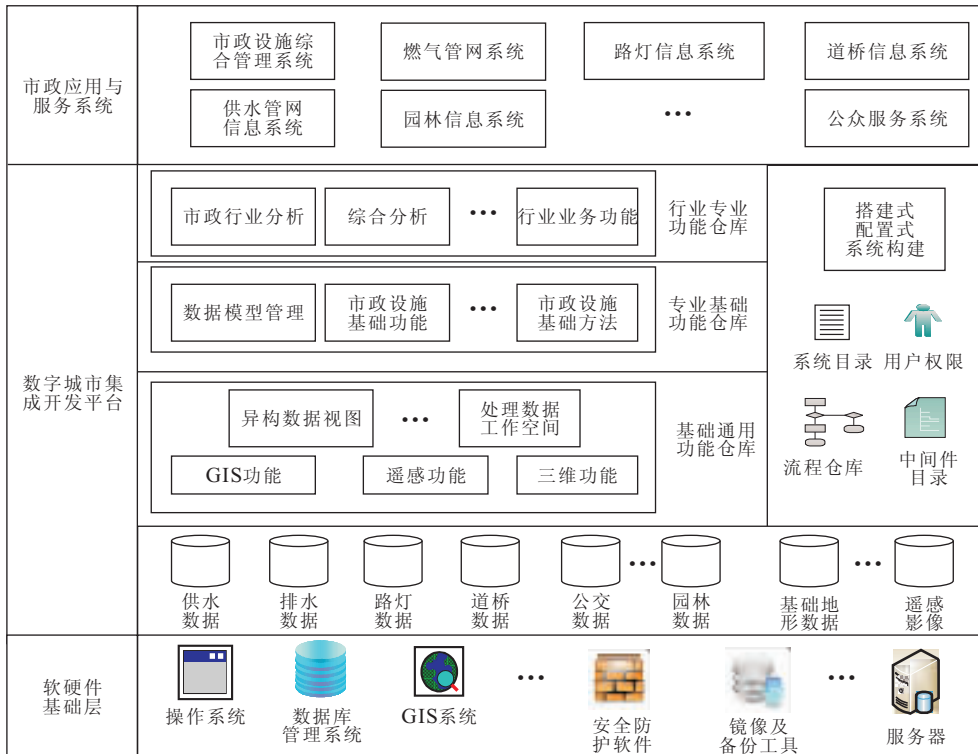
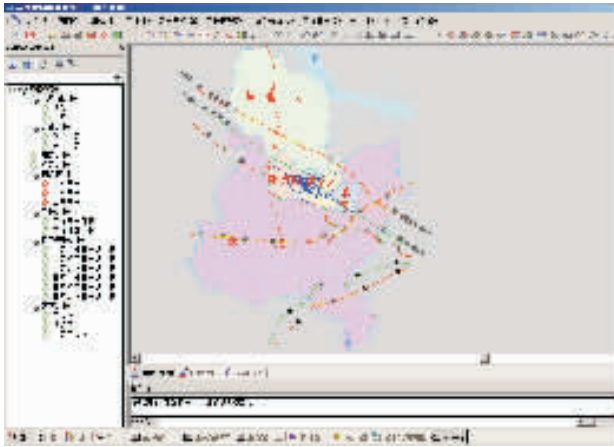
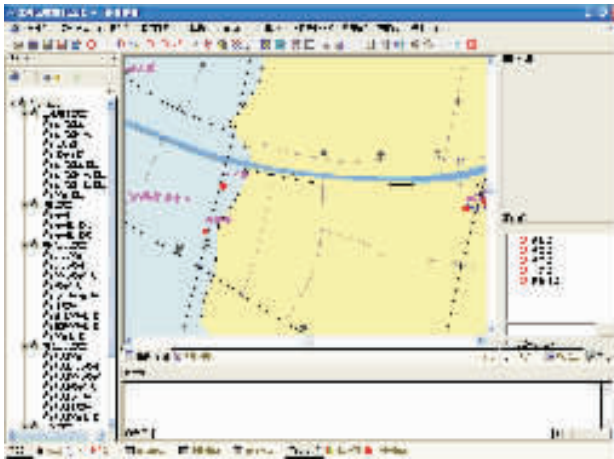


图 5 基于“数字城市”集成开发平台的市政业务系统层次结构

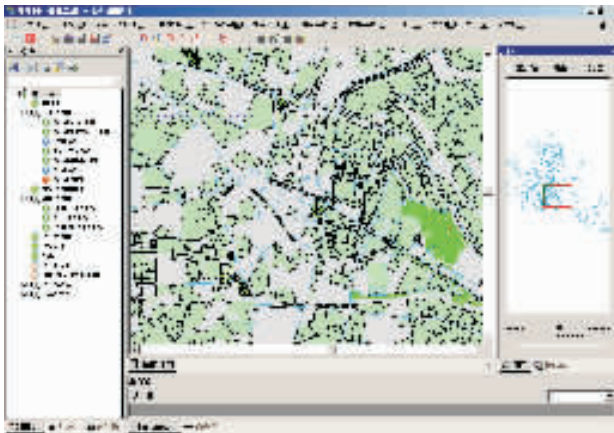
Fig. 5 The hierarchical framework of municipal business system based on integration development platform for digital city



(a)



(b)



(c)

图 6 基于“数字城市”集成开发平台搭建的应用系统

Fig. 6 The building up application system of based on integration development platform for digital city

a. 常州市道桥应用系统; b. 常州市公交应用系统; c. 常州市园林绿化系统

功能单元构成,从下到上可分为 3 层:第 1 层是提供基础和通用的功能,如基础的异构数据的视图、GIS 功能、遥感功能、三维功能、处理数据的工作空间、保

障数据安全性的权限管理模块等;第 2 层是提供专业基础和通用功能,如市政基础设施数据模型管理、市政基础设施基础功能管理、市政基础设施基础方法管理等功能;第 3 层是提供针对具体应用的专业功能,如市政行业分析和综合分析、不同行业业务功能(如维修、巡检、指标计算等功能)、辅助决策等。另外,对特定业务领域提供标准的功能模块扩展接口,支持特定业务逻辑的集成,在特定业务的功能开发完成后,也可以纳入功能仓库中,成为功能仓库的有机部分,从而实现特定业务功能的可重用性。

“数字城市”集成开发平台功能模块与功能模块之间的连接是采用一种“松耦合”方式。“松耦合”方式是互联网的最佳耦合方式,它结构灵活、可扩展性强,受网络环境影响最小。操作采取面向“服务”方式进行,就是把“进行数据存取操作”变为“请求数据存取服务”,“数据存取服务”是所有“服务”的特例,充分体现“面向服务”的最新设计思想。

“数字城市”的各市政应用系统可利用“数字城市”集成开发平台提供的集成设计器、 workflow 设计器、用户权限配置等工具快速、高效地搭建。利用集成设计器完成系统界面设计(如系统的右键菜单、系统菜单、工具条、状态栏、热键、交互以及各系统视图的位置设置等)和数据层次化目录配置,通过 workflow 设计器可以灵活地定义各业务流程;用户权限配置工具可定义系统用户、用户角色、用户权限、用户部门、区域和设施类型,根据角色加载相关权限的菜单、工具条,并在执行过程中进行检查与限制,为用户搭建应用系统提供权限的分配,通用权限根据用户自定义,实现权限与应用业务系统融合。如图 6a、6b 和 6c 分别为基于“数字城市”集成开发平台搭建的常州市道桥应用系统、常州市公交应用系统、常州市园林绿化应用系统。

## 4 结论

“数字城市”集成开发平台的建设与“数字城市”的发展是分不开的。为了整合分散在各业务部门的城市信息资源,满足城市信息资源管理部门和社会各领域对数据共享和信息服务的要求,有必要建立统一的城市数据资源管理中心,并提供统一的业务应用与服务系统,实现信息共享以及网络化的社会服务。

通过构建“数字城市”集成开发平台,可以解决

目前在“数字城市”建设中存在的诸多问题:(1)整合现有各类城市信息资源,统一“数字城市”中相关数据标准和信息交换标准,解决信息孤岛问题,提高城市信息资源开发利用和共享水平,最大限度满足电子政务、市政基础设施管理、社会服务等多源信息融合、分析的需求;(2)提高城市各类信息资源交换能力、信息灾难恢复能力;(3)更有效地集成各业务部门的应用系统,实现这些应用系统之间的互联互通。

总之,“数字城市”集成开发平台能为我国“数字城市”的建设提供重要的技术支持,最大程度地发挥我国城市信息资源的经济效益和社会效益,从而完善城市服务功能,提高城市管理水平、城市环境质量和人民生活水平。

## References

- Aurigi, A., 1999. Digital city or urban simulator? Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag, London, UK, 33-44.
- Foster, I., Kesselman, C., 1997. Globus: a metacomputing infrastructure toolkit. *The International Journal of Super Computer Applications and High Performance Computing*, 11(2): 115-128.
- Gore, A., 1998. The digital earth: understanding our planet in the 21st Century. <http://www.regis.berkeley.edu/rhome/whatsnew/gore-digearth.html>
- Li, D. R., Yi, H. R., Jiang, Z. J., 2005. Introduction and analysis of grid technology. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 30(9): 757-761 (in Chinese with English abstract).
- Wu, X. C., 2009. Datacenter integration development technology: the next generation GIS architecture and development model. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 34(3): 540-546 (in Chinese with English abstract).
- Wu, X. C., Wu, L., 2006. Service-oriented distributed spatial information supporting system. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31(5): 585-589 (in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 李德仁, 易华蓉, 江志军, 2005. 论网格技术及其与空间信息技术的集成. *武汉大学学报(信息科学版)*, 30(9): 757-761.
- 吴信才, 2009. 数据中心集成开发技术: 新一代 GIS 架构技术与开发模式. *地球科学——中国地质大学学报*, 34(3): 540-546.
- 吴信才, 吴亮, 2006. 面向服务的分布式空间信息支撑平台. *地球科学——中国地质大学学报*, 31(5): 585-589.