

# 数字城市中遥感数据共享服务的研究<sup>\*</sup>

林俞先 李琦

(北京大学数字地球工作室 北京大学遥感与地理信息系统研究所 北京 100871)

**摘要** 作为一种重要的空间信息资源,遥感数据的共享在数字城市建设中具有重要的意义。本文给出了一个数字城市遥感数据共享的框架,即以服务为核心,包括管理层、数据层、共享服务平台层以及应用层,并讨论了实现共享服务平台的若干关键技术。最后通过一个原型系统的实现,表明本文提出的框架在实际的数字城市建设中具有一定的可行性。

**关键词** 数字城市,遥感数据共享,服务平台,Web 服务

## The Services Sharing of Remote Sensing Data in Digital City

LIN Yu-Xian LI Qi

(CyberSIG Studio, Institute of Remote Sensing and GIS, Peking University, Beijing 100871)

**Abstract** As important spatial information resource, the sharing of remote sensing data is essential to realize digital city. The structure of remote sensing sharing is proposed in this paper, which is composed of management tier, data tier, service tier and application tier. On the following the key technologies of service sharing platform are discussed and a prototype system has been implemented to prove the feasibility of the architecture.

**Keywords** Digital city, Sharing of remote sensing data, Service platform, Web service

### 1 引言

在目前城市各部门已建的应用系统中,大多数系统都是和数据绑定在一起的,数据缺乏流动,系统之间缺少交互,即所谓的“信息孤岛”、“信息烟囱”。由于城市各部门的体制、历史、技术等原因,相关的数据资源仍是各部门专有,无法很好地共享,重复建设严重,造成了极大的人力、物力以及资金的浪费。一方面这需要从战略上,从国家、行业、城市的高度,对数据资源共享的政策、法规予以系统地建设;另一方面,需要从技术上探讨数据共享的技术框架和关键技术,在相关共享政策、法规的保证下,建立数据共享服务平台,使得发布、发现和获取数据成为可能。

作为一种基础空间信息资源,遥感数据在数字城市的管理和建设中得到广泛的应用,如在城市测绘、生态环境监测、土地管理、城市规划以及应急等领域发挥着重要作用。随着城市信息化工作的推进,遥感数据不但在政府部门,也在公众服务和企业业务中得到大量的应用。实现遥感数据的共享,对于在我国实现“数字城市”、“电子政务”具有重要意义。

对一个城市而言,遥感数据种类较多,包括卫星数据和航空数据。随着对地观测技术的进步,城市卫星数据的更新速度在加快,一些有条件的城市还制定了年度航空拍摄计划。城市遥感数据的数据量增加得很快,从 GB 级到 TB 级。遥感数据的数据类型复杂、海量存储、更新快等特点从技术上决定了在空间数据库中实现对遥感数据存储管理的难度,也限制了遥感数据在更多领域中的应用。本文研究了数字城市中的遥感数据共享服务框架以及关键技术,初步构建了一个具有

基本按需服务能力的数字城市遥感服务平台,实现了多源遥感数据的集成管理与共享,这也为满足城市各领域用户对空间数据的需求提供了一个较好途径。

### 2 数字城市中的遥感数据共享服务框架

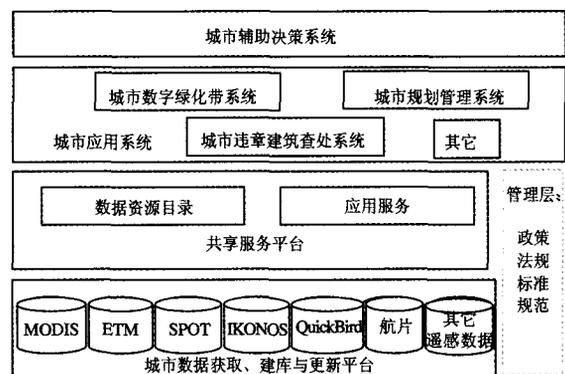


图1 数字城市中的遥感数据共享服务框架

数字城市中遥感数据共享服务框架由4个层次组成,即管理层、数据层、共享服务平台层以及应用系统和辅助决策层,如图1所示。框架包括遥感数据共享的相应政策法规、数据的生产和建库、遥感服务平台的建设,以及城市中的各类应用。整个框架是以服务为中心,数据和资源作为可共享的服务,为更多系统所重用。对应用系统来说,不再关心底层数据复杂的组织以及实现环境,对数据的需求通过对服务平台的请求实现。同时,对服务平台而言,通过控制用户对遥感数据的访问权限,保证了数据分发的安全性。可以看出,遥感数据

<sup>\*</sup> 国家 973 计划资助项目:网络环境下空间信息、智能服务及应用示范(2006CB701306);国家 863 计划资助项目:基于 STG 框架的数字城市服务系统与示范(2004AA131020)。林俞先 博士研究生,主要研究领域为数字城市、空间信息科学;李琦 教授,博士生导师,主要研究领域为数字城市与数字地球、空间信息科学与技术、智能空间计算等。

服务的提供者、服务代理以及服务使用者构成了数字城市遥感服务框架的3类角色。在此共享框架下可以最大限度地挖掘和发挥遥感数据的效用,使分布的各部门数据更有效地为政府、企业和公众服务,这也符合数字城市总体目标。

## 2.1 管理层

管理层包括共享相应的政策法规、标准规范。目前我国,一些城市或者一些部委在推进城市信息化,进行“数字城市”建设时,组织开展了专项研究,在建立健全包括遥感数据在内的地理空间数据的共享和交换制度上做了一定的工作,并在此基础上,加速制定促进地理空间信息共享的政策法规。如国家科技部正在开展国家科技基础平台建设,基础性、公益性科学数据资源的整合与共享服务是其一个研究重点,目前研究了科学数据分类分级共享及发布策略,《科学数据共享条例》的前期调研和材料收集工作已经初步展开<sup>[1]</sup>。国际上,OGC(OpenGIS Consortium,开放式地理信息系统协会)和ISO等组织为了推进全球地理信息共享,在地理空间数据共享和互操作的规范和标准制定方面做了大量的工作,并在一些科研和工程实践中得到检验。

总体来讲,各城市需要在国家科学数据共享相关政策指导下,根据自身情况制定遥感数据分发服务政策。尤其是遥感数据的数据获取、平台建设和应用系统涉及到多个部门,需要加大各部门间的协调力度,并在工程应用中参考相应的国内外技术标准、规范。

## 2.2 数据层

数据层的任务是建立起支撑数字城市运行的综合遥感数据库,包括遥感数据的获取、建库与更新。遥感数据与其它城市基础空间数据,以及城市社会经济数据一起,构成了数字城市的基础数据。城市常用的遥感数据主要是卫星影像数据与航空影像数据,二者互为补充:(1)卫星影像数据,传统的ETM、SPOT数据应用较广,遥感技术正向高光谱、高分辨率发展,如IKONOS的全色影像分辨率可以达到1m,Quick-Bird的空间分辨率为0.61m,MODIS具有36个可见光-红外的光谱波段。卫星数据具有时效性强、覆盖面广等优点,在城市建设中发挥重要作用。(2)航空影像数据,航空数据可以具有更高分辨率,并有着很大的灵活性,可以根据需求在指定的时间对特殊区域进行多方向、多角度观测,可以满足城市多种专题、专项的应用需求。

在关系数据库中,对遥感数据进行统一的组织、存储、调度和更新,是解决遥感数据并发访问、海量存储以及版本控制的一个有效途径。在关系数据库中管理海量遥感影像数据有一些常用的技术,如数据分块;采用大字段BLOB对象存储数据;采用金字塔组织方案;影像压缩技术,常用的小波算法就有Jpeg2000、MrSid、ECW等。城市测绘部门和数据生产企业,对遥感数据进行采集、处理,在城市信息资源中心以及数据生产单位对数据进行集中管理、统一分发,构成支撑数字城市应用的数据中心。

## 2.3 共享服务平台层

遥感数据共享服务平台构建在数据层之上,包括应用服务接口和资源目录,即对应用系统提供数据服务接口,并对数据服务进行描述、注册和发布。应用系统在服务平台中发现服务,通过绑定数据服务接口实现对数据层中数据的调用。按照相关的标准对服务进行封装,更有利于数据服务的共享和互操作。实际上,服务平台层具有两类角色:一类是服务的提供者,一类是服务的代理。作为服务的提供者,解析并响应

应用系统对数据的请求;作为服务的代理,对服务提供者的数据服务注册,并对应用系统提供对数据服务的描述以及调用方法。数字城市遥感数据共享的关键是共享服务平台的建设,在下一节将详细讨论实现的关键技术。

## 2.4 应用系统和辅助决策层

如前所述,遥感数据共享服务平台可以支撑城市众多应用需求,包括国土、房产、水利、环境等传统遥感数据应用部门,也包括交通、应急、公众服务等潜在应用。建立起如城市违章建筑查处、城市规划管理、城市数字绿化带、城市应急响应等一系列应用系统,最终建立数字城市中的辅助决策支持系统,全面提升政府建设规划、行政管理的能力。在没有遥感数据共享服务平台支撑的情况下,每一个部门的应用都需要单独购买数据、处理数据、建库。现在各应用系统只需要根据部门权限,调用遥感数据共享服务平台的数据服务接口,便可获取关于城市建设现状、土地利用现状、城市环境等的遥感数据。需要指出是,应用部门可以通过共享服务平台访问其他部门数据,同时也可以通过共享服务平台将其私有的数据以服务方式发布,提供给其它部门使用。

## 3 共享服务平台关键技术

### 3.1 分级、多节点的数据与目录服务

数字城市中的遥感数据具有天然的分布性,各数据资源节点是分布的,应用也是分布的。共享服务平台提供的是一个逻辑统一的视图,其支撑是分级、多节点的数据与目录服务体系。具体说来,在一个城市内,可以初步建立如图2所示的城市遥感数据分级、多节点共享体系,形成分布式数据管理、集中式服务发布,最终建成一个跨部门、分布式、可运行的遥感数据服务与应用系统。

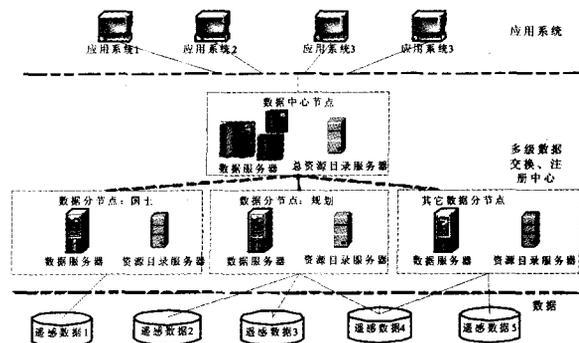


图2 城市遥感数据共享的分级、多节点

提供数据与目录服务的是数据中心节点和分节点,其中:

(1)中心节点是数字城市跨部门的遥感数据交换、共享的核心,通常其职能由城市的信息(资源)管理中心完成。一方面中心节点管理着城市中绝大部分遥感数据,可以在城市层面进行统一规划,开发数据服务器,提供支撑不同委办局应用系统的服务接口,实现服务的共享和互操作。另一方面在中心节点建立城市遥感数据资源的总目录,对中心节点与分节点的数据资源进行统一的导航、检索和定位,这样必须确保整个中心节点的目录是不断更新的。中心节点作为数字城市最重要的数据服务的提供者和服务代理,是应用层与数据层中最重要纽带,其建设的好坏也决定着整个数据共享体系的成败。

(2)分节点是由提供数据服务的政府各部门的信息中心组成,各分节点管理着大量的业务遥感数据,部分数据可以对

外共享。对这部分数据,通过数据服务接口方式为其它部门使用。分节点的资源目录提供各节点数据的元数据信息,以及注册的数据服务信息,分节点的数据目录需要与中心节点实现同步。分节点从功能上亦有数据服务的提供者和服务代理两类角色的作用。

数据中心节点对城市遥感数据进行有效统一的管理,为服务的使用者,即应用系统提供了绝大部分数据访问服务。各数据分节点是中心节点有益的补充,提供专业领域数据的服务。用户访问的入口可以是中心节点或分节点的资源目录,但对用户提供一个统一访问的一站式资源总目录更为理想,通过中心节点和分节点资源目录注册的同步实现。这样,应用系统只需通过对中心节点资源总目录的查询,就可以对中心节点和分节点中数据服务定位。应用系统所需的服务可能部署在中心节点,也可能在分节点,应用系统视其服务质量而选择。

### 3.2 遥感数据服务标准

数字城市不同应用系统对遥感数据有不同的需求,这就需要核心的、共性的、能满足大部分应用的需求抽象出统一的标准,服务提供者按此标准提供数据服务。

OGC 在 OpenGIS (Open Geodata Interoperation Specification, 开放地理数据互操作规范) 中规定了应用程序之间进行互操作的地理数据应支持的各种标准数据类型和在其上所实施的基本操作,规定了互操作的规范和对数据语义的共同理解<sup>[5]</sup>。OGC 核心的地理信息服务可用接口 (Interface) 来进行表达,OGC 提出了 WMS (Web Mapping Service, Web 地图服务)、WFS (Web Feature Service, Web 要素服务) 和 WCS (Web Coverage Service, Web 覆盖服务) 等空间数据服务的接口规范,以及目录服务规范、注册服务规范等一系列规范。WMS 定义了 3 个操作接口,其中 GetCapabilities 返回服务级元数据,它是对服务信息内容和要求参数的一种描述; GetMap 接口给定空间坐标及边界范围,可以返回相应 PNG, GIF, JPEG, TIFF 等格式的地图; GetFeatureInfo 接口可选,返回显示在地图上的某些特殊要素的信息<sup>[2]</sup>。WMS 可以使来自不同服务器、具有相同的空间参照系的各个图层,包括 Feature 和 Coverage 图层组合在一起。WCS 中的 Coverage 主要是指与地理位置相关的连续的现象,如温度、土壤分布、地形、植被等,影像是 WCS 服务中的一个特殊的例子。WCS 由 3 种操作组成: GetCapabilities 操作返回描述服务和数据集的 xml 文档; GetCoverage 使用通用的覆盖格式返回地理位置的值或属性; DescribeCoverageType 操作允许客户端请求具体的 WCS 服务器提供的任一覆盖层的完全描述<sup>[3]</sup>。WFS 是 Web 要素服务,提供对地理要素 (Feature) 的访问,允许客户端从多个 Web 要素服务中取得 GML (Geographic Markup Language, 地理标记语言) 编码的地理空间数据<sup>[4]</sup>。比较之, WMS 将矢量或栅格数据转换成静态图片提供给客户端,而 WFS 和 WCS 提供给客户端可以操作的空间数据, WFS 用于如点、线、面等矢量数据,而 WCS 可用于遥感影像等栅格数据。所以 WMS 在 OGC 中归于地图表现服务 (Portrayal Service), 而 WFS 和 WCS 归于地理数据服务 (Data Service)。WMS 服务的客户端比较简单,能够处理静态图片就可以,而 WFS 和 WCS 的客户端需要对空间数据做进一步处理,通常比较复杂。

数字城市中遥感数据服务遵循 WMS 与 WCS 规范,可满足大部分应用的需要,并拥有较好的可扩展性,容易与其它按

OGC 标准发布的服务进行整合。在大量的部门应用中,是将遥感数据作为显示底图,在上面叠加行政边界、河流、交通道路、感兴趣点等矢量空间数据,并与社会经济数据集成。对这类数据,要求只需要返回给定地理坐标范围的遥感影像图片,即实现 WMS 规范,通过 GetMap 接口获得应用系统所需的静态遥感图片数据。对另外一些专业的应用,需要获取具有真实参考坐标系信息、丰富波谱信息的遥感数据,以进行数据计算和数据分析,这就需要实现 WCS 规范,应用端通过 GetCoverage 接口获得 Geotiff 等格式的真实数据。在实际运行系统中,数字城市的数据中心节点和各分节点的底层遥感数据管理可以采取不同实现方案,但需要在数据服务器中按照 WMS、WCS 定义的标准接口封装数据请求,并在资源目录服务器中注册、发布。

### 3.3 共享实现的分布式环境

OGC 为遥感数据的共享定义了相关的接口规范和内容标准,实现需要分布计算平台的支持<sup>[5]</sup>。OGC 的一系列规范是为了在互联网上实现数据的访问和处理,所以这些服务称为 OWS (OGC Web Services, OGC web 服务)。实际上,OWS 可以在 Web 服务、COM、CORBA 等不同分布式计算环境中实现。

Web 服务的出现使在因特网上实现资源和信息的共享与汇聚成为可能。Web 服务是基于 Web 服务的提供者、请求者和代理 3 类角色以及服务的发布、发现和绑定 3 个动作构建的。Web 服务提供者在 Web 服务的代理 UDDI (Universal Description, Discovery and Integration, 通用描述,发现,集成) 中注册并发布自己提供的服务; Web 服务请求者查询 UDDI 来发现服务, UDDI 返回符合条件的服务的 WSDL (Web Service Description Language, Web 服务描述语言), 并按 SOAP (Simple Object Access Protocol, 简单对象访问协议) 消息调用 Web 服务提供者提供的服务,实现服务绑定。Web 服务不像其它的分布式对象体系,它建立在现有的技术架构的基础之上, SOAP 和 WSDL 都是基于 XML 的, Web 服务消息通常是通过 TCP/IP 进行交换的。Web 服务的消费构件只需理解 Web 服务的接口所定义的消息,而不论其在何种平台上或用何种语言构造,均可与 Web 服务程序通信,进行数据交换。

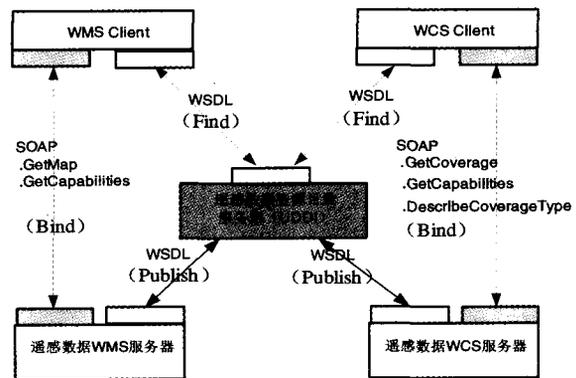


图3 数字城市遥感数据资源的发布、查找和绑定

由此可见,将 OGC 的 WMS 和 WCS 服务与 Web 服务的工业标准相结合,实现数字城市的遥感数据服务共享是较好的解决方案,如图 3 所示。以在 Web 服务环境中实现遥感数据的 WCS 服务为例,首先将数据服务器实现的 WCS 接口打包为 Web 服务,同时生成描述该服务的 WSDL 文件,在资源

目录服务器(即扮演 UDDI 的角色)中发布。应用系统在资源目录服务器中查找所需的数据服务,获取相应的 WSDL 文件。以 SOAP 作为服务请求的通信协议,按照 WSDL 中规定的远程过程名和参数格式调用数据服务器的 WCS 服务。需要说明的是,对 WMS 和 WCS 中具体的服务信息和要求参数描述并不能直接从资源目录服务器中获得,而是客户端通过 Soap 消息对 WMS、WCS 服务器发出请求,实现 GetCapabilities 接口获得。对于 WMS 服务的 GetMap 接口调用,WMS 服务器返回 Jpeg 等格式的静态图片数据,对 WCS 的 GetCoverage 调用,服务器返回 Geotiff 等格式的可操作数据。服务器响应的数据可以不随着 SOAP 消息传送,即在 SOAP 消息中封装的是数据的 URL 引用地址,或者可将数据进行 base64 编码后封装在 SOAP 消息中,这样会增加冗余数据量。为了克服这一问题,也可将数据作为 SOAP 消息中的 MIME 附件发送。

### 3.4 遥感数据资源目录

遥感数据资源目录对遥感数据资源进行组织,除了对数据服务的注册,还应该包括对数据的注册,支持用户的检索、定位、获取和使用。对数据服务的注册,即遥感资源目录扮演着 UDDI 的作用,发布遥感数据服务器提供的 WMS 和 WCS 服务。对数据的注册,即包括数据的内容、质量、状况和其他特性的信息,是通过建立元数据库实现的。OGC 提出 WRS (Web Registry Service, Web 注册服务),是对元数据及服务进行的注册服务<sup>[6]</sup>。其中,注册库中的信息可以包括地理要素字典、服务注册库、数据模式注册库以及传感器注册。目前可供遥感影像元数据库的设计参考的、国际上相关的元数据标准有 ISO/TC211 和 FGDC(Federal Geographic Data Committee,美国联邦地理数据委员会)的地理空间数据元数据内容标准<sup>[7]</sup>。另外,NASA 的 DIF(Directory Interchange Format,目录交换格式)主要是对卫星遥感数据予以描述<sup>[8]</sup>,在与 FGDC 尽可能一致的情况下,增加了一些字段,如传感器名称、地点、数据分辨率、质量、访问和使用限制等内容。在我国,国家基础地理信息中心参考国际标准制定了《国家基础地理信息系统元数据标准草案》<sup>[9]</sup>。

由于目前我国还没有出台统一的遥感数据元数据标准,可以将元数据分为核心元数据和详细元数据两级。核心元数据定义了描述各部门遥感数据集关键的信息内容,在核心元数据的基础上,扩展建立起详细元数据。在城市建立遥感数据资源目录的元数据库,本文不做详细研究。总之,应根据具体城市应用的需求和数据的实际情况选用元数据内容,并建立相应级别的元数据库。

## 4 原型的研究

在数字北京、数字奥运工程中,遥感影像库是重要的信息资源。北京市信息资源中心主持了综合遥感影像数据库建设,目的是在政务专网上对北京地区多数据源、多分辨率、多时相遥感影像数据实现存储管理、分发和应用服务<sup>[x]</sup>。北京市综合遥感影像库建设中贯彻了数据服务平台的思想,对北京市近年来航空、卫星遥感数据进行集中式管理,提供在线服务。可以通过政府门户访问影像库系统,也可以通过底层自定义的接口支撑一些业务部门的应用需求。目前北京综合遥感影像库是一个数据中心节点服务全市各部门应用的需要,未来有 3 个发展趋势:(1)服务的用户更多。截至 2004 年底,北京市信息办已经向全市 23 个委办局和区县在北京市政府

专网上开通了北京市综合遥感影像数据库系统服务<sup>[10]</sup>,数据用户必将随着城市信息化不断增加。(2)数据节点增加。除信息资源中心这一数据中心节点,将有更多的数据部门可提供共享数据,需要在一个可扩展的共享平台上将各数据节点有机整合。(3)服务内容深化。用户的需求将由现在通过遥感影像门户访问,到将来用户的应用系统与数据服务直接整合,同时数据服务接口趋于标准化。

数据中心节点为主、数据分节点为辅,构成的数据服务层作为一个有机整体对外提供服务,但各个数据节点对遥感数据存储管理的实现方案会不一样。在工程上常用的主要有以下 3 种:(1)直接基于主流的关系数据库开发,如基于 Oracle 10g 开发,数据组织直接采用 Oracle 10g 提供的 GeoRaster 数据模型,数据发布采用 MapViewer。(2)基于主流 GIS 软件厂商提供的遥感数据管理方案,如采用 ESRI 的 Geodatabase 栅格数据模型。ArcSDE 实现数据的管理,ArcIMS 发布数据。(3)其它软件厂商解决方案,各自有着不同的数据模型、压缩算法及发布平台。如果支持数据库,大多底层采用 Oracle 数据库的 Blob 字段存储遥感数据。

如图 4 所示,构建的数字城市遥感数据服务原型系统有 3 个数据节点、一个数据资源总目录和 3 个应用系统。城市数据部门由于历史原因,采用不同的软件平台,3 个数据节点分别采用当前常用的 3 类遥感数据管理方案,都提供 WMS 服务。节点 1 还提供 WCS 服务,可按照类似的思想改造其它类型的数据节点,最终纳入到整个数字城市遥感数据服务体系中。节点 1 为提供主要数据服务的中心节点,以北京市综合遥感影像库一期的技术为支撑,采用自定义数据模型。原始的成果数据无压缩,在线发布的应用数据为 JPEG2000 小波压缩,成果数据和应用数据都存储在 Oracle 9i 数据库中。成果数据原来只通过传统 C/S 方式分发,而应用数据通过自定义接口可为其它系统调用。节点 1 在一期项目实现的基础上,将 B/S 发布的应用数据访问接口以 WMS 标准重新封装,对成果数据库重新设计并在应用服务器上实现了 WCS 访问的接口。数据节点 2 的情况与节点 1 类似,只是数据库层中采用了 Oracle 10g 中的 GeoRaster 模型,在应用服务器实现了 WMS 服务。数据节点 3 基于 ArcSDE 和 ArcIMS 开发,虽然 ArcGIS 在新版本提供的 WMS Connector 对 WMS 1.1 的支持,但目前只支持 http 方式的访问,所以应用服务器基于 ArcIMS 的 Java 连接器开发 WMS 服务。对这 3 个数据节点的应用服务接口都打包为 Web 服务,同时生成对服务进行描述的 WSDL 文件。

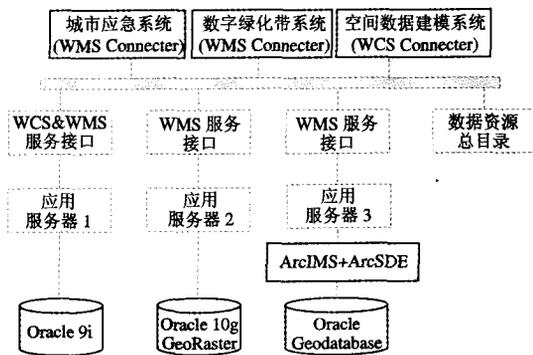


图 4 数字城市遥感服务系统的原型

数据资源总目录发布了各数据节点服务的 WSDL 文件以及遥感数据元数据。应用系统查找并下载相应 WSDL 文

件,生成进行服务调用的客户端代码片断。这里调用了遥感数据服务有 3 个应用系统:在应急响应系统中,针对应急事件,启动相应的预案,对警力、交通、120 等资源予以调度,此系统通过 WMS 服务获得应急地点高分辨率航空影像,以辅助决策;数字绿化带系统用以支持城市绿化带建设过程中的规划、建设,包括绿化隔离地区的规划、土地、市政、人口、绿化等多种类型数据,访问 WMS 接口获得的遥感影像作为规划的底图;在空间数据建模系统中,遥感数据作为模型库的输入数据源之一,通过 WCS 接口获得多传感器、多平台、多时相、多光谱的遥感数据,在专业模型的支持下,可进行土地分类、洪水灾害评估等专业分析。

**结束语** 实践证明,在构建数字城市中,遥感数据具有天然的分布式与海量管理的特点,在一系列政策、标准、规范的保障下,构建统一的数据服务平台,进行数据服务的发布是可行的。对于一个多数据节点松耦合的数据服务系统,服务质量(QoS)是确保系统成功的一个重要因素,这就要求能在整个系统中实时地监控服务状态。应用程序可以根据服务质量的高低,采用一定策略选择服务质量最好的数据节点。另外,当前网格技术通过 WSRF(Web Services Resource Frame-

work, Web 服务资源框架)规范,趋于与 Web 服务的融合,实现有状态的资源和无状态的服务的统一。如何在网格平台上实现数字城市遥感数据的共享,也是需要深入研究的问题。

### 参考文献

- 1 科技部. 国家科技计划年度报告. 2005. <http://www.most.gov.cn/ndbg/ndbg2004/2004.pdf>
- 2 OGC. Web Map Service. [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=14416](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416)
- 3 OGC. Web Coverage Service(WCS), Version 1.0.0. [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=12582](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=12582)
- 4 OGC. Web Feature Service Implementation Specification. [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=8339](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8339)
- 5 郭伦,刘宇,张晶,等. 地理信息系统——原理、方法和应用. 北京:科学出版社,2001
- 6 OGC. Web Registry Server. [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=1028](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=1028)
- 7 孙吉娟. 面向 NSDI 遥感影像数据库共享的元数据库和数据交换中心技术探讨. 测绘科学,2004,29(5)
- 8 NASA. Directory Interchange Format (DIF) Writer's Guide. <http://gcmd.gsfc.nasa.gov/difguide/difman.html>
- 9 NFGIS. 国家基础地理信息系统(NFGIS)元数据标准草案(初稿). <http://nfgis.nsd.gov.cn/nfgis/chinese/bz/mt0.htm>
- 10 李军,彭凯,李琦,等. 基于数字北京的空间信息工程的建设与实践. 测绘科学,2005,30(1)

(上接第 103 页)

比较环境,并开发了 R 树、R\* 树索引算法。实验中使用两组数据集:(1)随机生成数据集:包含 50000 个矩形对象,坐标为 [0.0,1.0]之间的随机浮点数。(2)真实数据集:包含 16704 个多边形对象的某市 2001 年的绿地图,Shape 格式。

实验中,页面大小设为 2kB,叶节点和中间节点容量为 50,填充因子设为 70%。构造索引时,对同一组数据以随机顺序插入树中,构造出 100 棵树结构计算平均构造时间和空间利用率。对于查询则一次运行 1000 次查询,取平均结果。实验在 Intel 1.86G,512M 内存的普通 PC 机上进行。

了空间利用率,适用于数据变化频繁的应用。

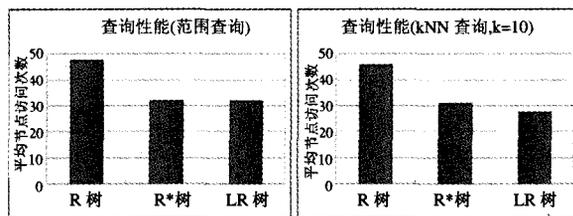


图 3 不同索引结构的查询性能评估

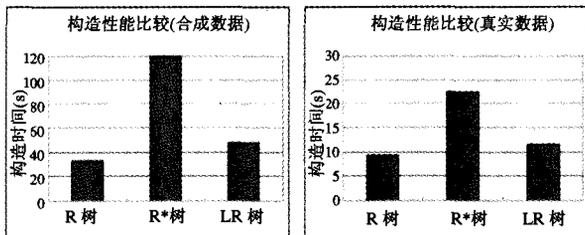


图 2 不同索引结构的构造性能评估

索引结构的构造性能是衡量索引结构健壮性和可扩展性的重要内容,尤其在大量动态数据的管理中。从图 2 可以看出在构造代价上,LR 树较原始 R 树高一些,较 R\* 树则大大降低。从图 3 可以看出,LR 树的查询性能与 R\* 树在同一个等级上,在 k 最近邻居查询上表现甚至超出 R\* 树。同样,在空间利用率上 LR 树的表现超出 R\* 树,如图 4 所示。图 4 中右图表明,随着邻近节点数 k 的增加,空间利用率得到提高。

综上所述,LR 树具有与 R\* 树相当的查询性能,略高于原始 R 树的构造代价,以及很好的空间利用率。

**结束语** 本文提出了一种基于惰性聚类分裂技术的动态 R 树索引实现方法(LR 树)。其关键思想是在节点溢出时并不立即进行分裂,而是将入口项插入到邻近的未满足节点中,即惰性分裂。直到邻近节点均已满时才创建新的节点,并利用聚类技术重组入口项,即聚类分裂。LR 树付出略高于 R 树的构造代价,可以获得与 R\* 树相当的查询性能,并大大提高

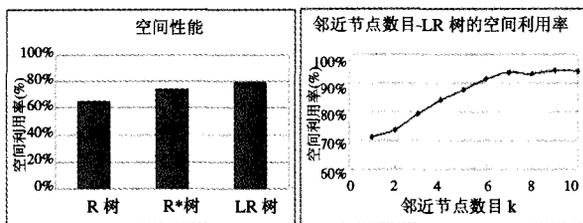


图 4 不同索引结构的空空间利用率评估

### 参考文献

- 1 Guttman A. R-tree: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching [C]. In: Proc. of 20<sup>th</sup> Int. Conf. on Very Large Data Bases, Morgan Kaufmann, 1984
- 2 Beckmann N, Kriegel H P, Schneider R, et al. The R\* -tree: An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangles [C]. In: Proc. of ACM Intl. Conf. on the Management of Data (SIGMOD), 1990. 322~331
- 3 Kamel I, Faloutsos C. Hilbert R-tree: An improved R-tree using fractals. In: Proc. of the 20<sup>th</sup> VLDB, 1994. 500~509
- 4 Huang P W, Lin P L, Lin H Y. Optimizing storage utilization in R-tree dynamic index structure for spatial database. Journal of Systems and Software, 2001, 55(2): 291~299
- 5 Brakatsoulas S, Pfoser D, Theodoridis Y. Revisiting R-Tree Construction Principles[C]. In: Proc. of 6th East European Conf. on ADBIS, Slovakia, 2002
- 6 Gaede V, Gunther O. Multidimensional access methods. ACM Computing Surveys, 1998, 30(2): 170~231
- 7 Bohm C, Berchtold S, Keim D A. Searching in high-dimensional spaces: Index structures for improving the performance of multimedia database. ACM Computing Surveys, 2001, 33(3): 322~373
- 8 Han J W, Kamber M. Data Mining: Concepts and Techniques [M]. U. S.: Morgan Kaufmann Publishers, Inc, 2001