

遥感地学信息的分布式共享系统研究^{*}

吴洪桥¹ 池天河¹ 方金云² 何建邦¹

(中国科学院地理科学与资源研究所 北京100101)¹ (中国科学院计算技术研究所 北京100080)²

Studies on Distributing Geo-information Sharing System

WU Hong-Qiao¹ CHI Tian-He¹ FANG Jin-Yun² HE Jian-Bang¹

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research (IGSNRR), Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing 100101, China)¹

(Institute of Computer Technology (ICT), Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)²

Abstract Remote sensing image contains plenty Geo-information. Issuing the Geo-information on the Internet is a basic component of sharing RS Image's Geo-information. The most important of issuing the information is to organize and manage RS image data efficiently according to their characteristics and peculiar Geo-information it them. According to the properties of multi-sensor, multi-resolution, multi-spectrum and multi-epoch of RS image data and their peculiar Geo-information. This paper has constructed a solid index mechanism of "Pyramid, Block, Layer, Epoch" according to the properties of RS image data and established corresponding logic relation databases for RS image data. The Geo-information of RS image data is reorganized via the solid index mechanism and logic database. Finally, the above ideas are used in setting up an image database system to provide query and search for Geo-information on the Internet.

Keywords Multi-source RS image; Geo-information; Solid index mechanism; Logical database

1 引言

对地观测技术和航天技术的发展使得遥感影像数据成为空间信息重要的数据源,遥感数据的存储、管理模式对整个空间信息的共享和数字地球战略的实施有着很重要的影响。随着计算机网络技术和分布式计算技术的发展,空间信息的存储、管理、发布和使用模式发生着巨大的变化,实现遥感数据的有效组织和管理是实现地学信息共享的前提。随着一些大型关系数据库厂商推出了支持空间图形数据的分布式存储管理以来,利用目前流行的关系数据库来实现遥感影像数据的分布式存储和共享逐渐成为当前研究的热点。

利用关系数据库来存储和管理遥感影像数据是考虑到它在以下几个方面的优点:

(1)作为空间信息重要的数据源,遥感影像数据提供的信息量越来越丰富,数据量也越来越大,利用关系数据库能够满足海量数据(从GB到TB)的管理。

(2)关系数据库是当前商业信息系统运行中的主流数据库系统,发展的历史长,功能强大,性能稳定,而且具有完备的工业标准。

(3)当前的一些企业级的大型关系数据库,像ORACLE, SQL Server, SYBASE, Informix等采用Client/Server结构,所提供的数据安全性、完整性、多用户共享机制是海量信息分布式存储和实现信息共享的必不可少的核心功能。

虽然关系数据库目前已经成功地应用在数值和字符串的处理中,但是对于复杂数据类型,如图表、图像、声音等二进制大对象Blobs(Binary Large Objects),虽然能够进行存储和管理,但是由于这些大对象(Blobs)缺乏语义信息,关系数据库无法支持基于内容的查询,也不能进行比较运算。而且,当这些大对象(Blobs)在分布式环境下应用时,须全部传输到客户

端进行处理,增加了网上数据传输的负担。针对这种现状,提出了面向对象的数据库(OODB)类型,但目前仍不成熟,无法优化对对象数据的存储和访问。当前,扩充的关系数据库系统(也称对象-关系数据库系统)虽然能够支持用标准的SQL访问数据,提供了对复杂数据进行复杂查询的功能,但是对于多分辨率、多波段和多时相的海量遥感数据而言,效率非常低,在技术上尚存在严重问题。

可见,利用当前成熟的关系数据库系统对多源遥感数据进行合理的存储和管理是遥感数据地学信息共享的出发点。利用当前计算机发展的成熟技术来对多源遥感数据所包含的丰富地学信息进行存储、管理和信息共享还是需要从遥感数据本身的特点入手,对遥感数据所含的地学信息进行逻辑上的提取和组织,并建立和原始数据的映射或对应关系,而不能单纯把遥感数据作为一个媒体对象来管理。

2 多源遥感数据的地学信息分类

遥感数据是对地球表面客观真实的反映。目前的遥感数据可以来自不同的传感器、不同的地区、不同时段和不同的光谱范围,反映了地面不同的地表信息和变化特征。因此,从遥感数据中可以直接获取到以下的地学信息:

地物的地理位置。地物在影像中都有对应的坐标,该坐标可能是像素坐标,即某一地物在影像中的位置,这一位置也是相对于影像上其他地物的位置;该坐标也可能是地理坐标,即某一地物在地球上的位置。

地物的光谱反射特征。传感器可以获得同一地区不同光谱的遥感影像,从而记录该地区的地物组成以及地物的光谱反射特征,后者通过影像图像元的灰度值直观地表现出来。

地物的时空变化特点。通过同一地区不同时间所拍摄的遥感图像的对比可以很直观地获得该地区的变化特点。

^{*}资助项目:国家自然科学基金重大项目——69896250;中科院“九五”基础性研究重大项目——KJ951-B1-703-02,吴洪桥 博士,主要从事网络GIS和图像并行处理研究。

地物的景观特征。不同波段的影像图和多个波段的影像增强(如彩色合成或融合技术)图最能直观和形象地表现地物的景观特征。

3 多源遥感数据的存储组织

将海量的多源遥感数据按照所含地学信息的分类和遥感数据本身的特性来对其进行存储和组织。在存储之前,根据遥感数据本身的特性构建了“塔、块、层、相”立体索引机制,并在此基础上根据遥感数据的地学信息分类建立与遥感数据本身相对应的逻辑数据库,实现用当前成熟的关系数据库系统来管理海量遥感数据和信息发布的目的。

3.1 “塔、块、层、相”立体索引机制

由于遥感数据具有多分辨率、多区域、多时相、多波段以及数据量大的特征,因此在对遥感数据进行存储管理时要有有效地管理好这些信息。考虑到当前利用关系数据库来存储遥感数据存在的种种困难和不成熟之处,但又为了充分利用当前关系数据库在数据管理方面的成熟技术以及实现影像信息的分布式查询和检索,本文在利用关系数据库来对多源遥感数据进行存储组织时采用了“塔、块、层、相”立体索引机制,从而建立起基于遥感数据特征的多分辨率、多区域、多波段和多时相的逻辑影像数据库。这种“塔、块、层、相”遥感影像数据的存储组织形式可以用图1来直观地表示。

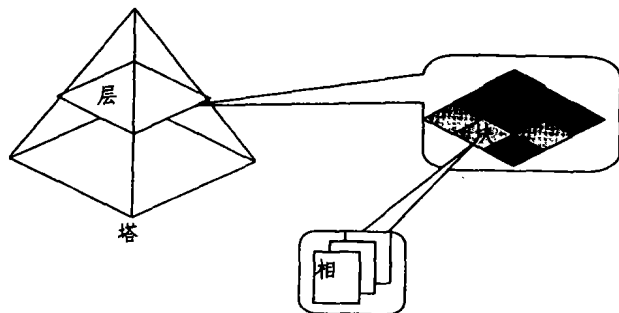


图1 遥感影像数据“塔、块、层、相”立体索引机制

“塔”:表示影像的空间分辨率,不同分辨率的影像位于不同的塔层,最顶层表示的空间分辨率最小,对原始数据按分辨率进行组织时要对原始数据进行重采样。

“块”:直观地讲就是表示影像的不同区域,反映在实际的地理空间中就表示不同的地理位置。

“层”:表示影像的波段,对应着影像数据中某一光谱范围的成像数据,层反映了地物的特定光谱反射特征。

“相”:表示时相,同一个地区的同种卫星的数据因获取时间的不同而有所差异,不同时相的数据反映了地物的时间变化特征。

采用影像金字塔的组织方式,可以实现遥感数据的多级组织,在满足用户对浏览区域详尽程度不同要求的同时,优化数据的传输,以实现影像数据的快速浏览;数据分块的组织方式可以让系统根据浏览者的请求快速定位到数据文件的相应区域,减少图像的读盘时间,减少数据的传输量;采用“层”来代表遥感数据的波段,既不损害遥感数据原有的特性和信息,同时又能突出地物的光谱反射特性,可以满足专业用户对遥感数据浏览的需求;采用“相”来对不同时期的遥感数据进行索引,使用户可以对某一地区不同时期的遥感图像进行对比观察,分析该地区的变化特征。

3.2 遥感数据的逻辑数据库

采用这种“塔、块、层、相”的立体索引机制可以将多源的遥感数据进行组织,建立起基于遥感数据的抽象数据库,实现该数据库与真实数据文件之间的逻辑对应关系。相对于真实的数据文件而言,这种索引数据库是经过抽象而成的,是一种虚拟和逻辑化的数据库。通过这种数据库可以用成熟的商用关系数据库系统来管理海量影像数据。

根据遥感数据的“塔、块、层、相”的立体索引机制和对遥感数据的地学信息分类来组织遥感数据逻辑数据库的表结构。某一传感器的一批数据在入库以前首先建立该批数据的元数据表格,该表格是对该批数据的一些描述信息,比如数据获取日期、视角、数据接受格式等信息。在该批数据中将不同波段的数据建立不同的波段元数据表格,不同波段的表中都有一个共同的索引字段来表示数据的来源和批次;同一波段但分辨率不同的数据建立相应的数据库表格;相同来源、波段但不同时段的数据也存于不同的表中。将一批来源的数据根据分辨率、波段和时相组织成这样的表层结构是为了根据遥感数据的特点提供给客户详尽的数据信息,同时也是考虑到避免一个数据库表过大,影响查询的速度。

逻辑数据库是客户与原始影像数据之间沟通的桥梁,它所承担的功能可以描述如下:当客户端发出浏览的请求时,服务器端对客户端的请求进行解析,然后去调用后台的逻辑数据库;根据逻辑数据库与遥感数据的对应关系,服务器会找到相应的数据并对客户请求的数据进行切割,这种切割是根据一定的像素大小将原始数据进行假切割,生成客户请求某块相关数据的一个拷贝;将该拷贝放到服务器的高速缓存中,然后将遥感数据生成图像,返回给客户。

4 遥感数据的 Internet 地学信息发布系统的设计和应用

根据以上多源遥感数据“塔、块、层、相”的立体索引机制和在此基础上构建的逻辑数据库,可以在在此基础上利用当前成熟的关系数据库系统来实现对多源遥感数据的有效组织和管理,因此也就为多源遥感数据地学信息的 Internet 发布和共享打下了基础。在具体实施当中,本文采用了 ETM 的第1、2、3、4、5、7 六个波段,SPOT 的全色波段以及 MODIS 的10个波段的3种不同来源、覆盖不同地区的1.5G 的数据进行实验,对整个应用系统的系统框架和具体的实现做了具体的设计。

4.1 地学信息发布系统的总体框架

系统的设计围绕遥感影像的地学信息提取、逻辑数据库的建立、数据表格存储、发布来构建系统的框架和功能流程。在设计当中,将整个系统分为3个层次,分别为系统的物理层、逻辑层和应用实现层。系统的总体框架和功能流程可以用图2来直观地表示出来。

应用层是系统与用户的接口,用户与系统的交互在浏览器里完成。通过 HTTP 协议将用户的请求参数提交到 WEB 服务器,服务器应用程序根据客户提交的参数去调用逻辑数据库相应的数据表格。

逻辑层包括由原始影像数据经过抽象和概括形成的逻辑数据库构成,是应用层和物理层之间的中间层,它与应用层的联结是通过 WEB 服务器来实现的;与物理层的联结通过服务器端的一些图像处理的算法和应用程序,在 Web 服务器完成对逻辑数据库的调用之后会根据客户的请求自动调用相应的程序。

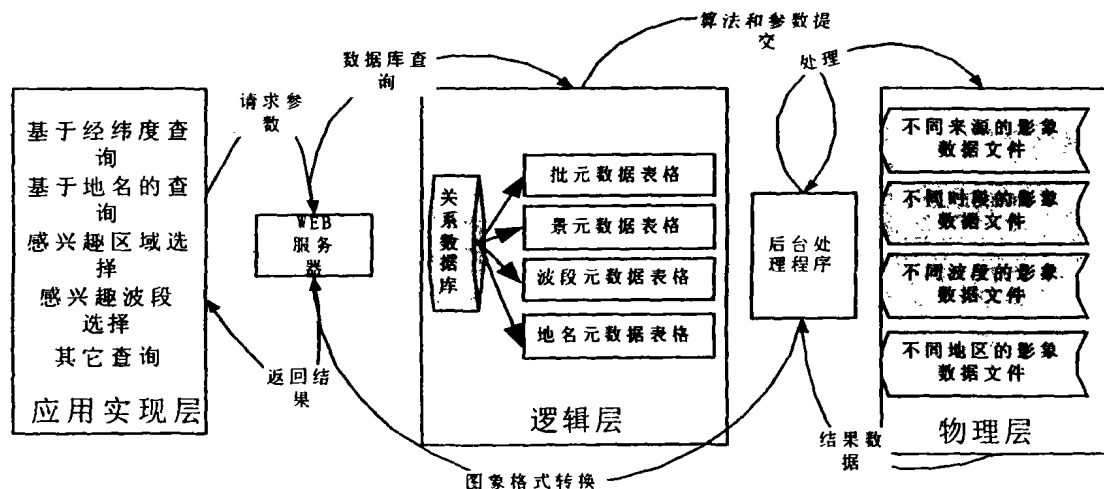


图2 系统的总体框架和功能流程

物理层存储了大量的影像文件,每一个数据文件都根据遥感数据的“塔、块、层、相”的立体索引机制进行分类,然后建

立严格的数据存储目录和档案来存储这些影像数据,这些数据是以系统定义的文件格式来存储的。

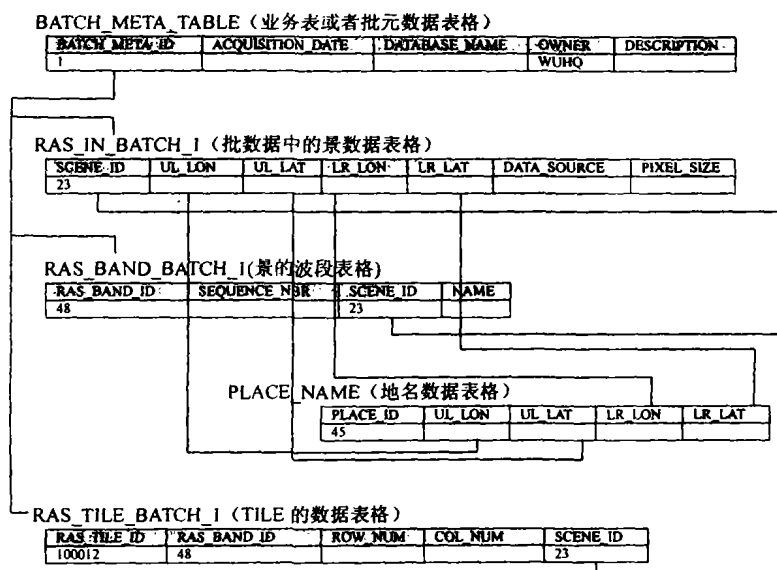


图3 逻辑数据库的结构和表格之间的逻辑关联关系

4.2 系统的具体设计和实现

根据以上系统的总体框架和功能流程来对系统进行详细设计。系统的设计大致可以分为前端的设计和后台的设计。前端的设计也就是应用层的设计,根据系统设置的地理信息来设置客户端的交互界面;后台包括了系统的逻辑层和物理层。

系统后台应用功能的设计是系统的基础,也是该系统的特色所在。它除了有相应客户端请求的服务器应用程序以外,关键的就是逻辑数据库的设计和对图像文件进行处理的后台应用程序,这两个方面分别决定了遥感影像数据的组织和数据处理流程。以下就从这两个方面来对系统后台的具体设计做详细的阐述。

(1)逻辑数据库的设计 就是根据遥感数据的“塔、块、层、相”的立体索引机制和系统所供查询的地理信息来组织关系数据库的表格和索引字段,通过这样的方式建立起与原始遥感数据文件的对应关系。同时,考虑到系统查询的速度,建立起来的逻辑数据库能够有效地组织好所有的数据库表格并

能够建立各表格的逻辑对应关系。逻辑数据库的结构和表格之间的逻辑关联关系如图3所示。

在逻辑数据库的设计当中,首先建立数据库的业务表,业务表也可以称为批元数据表格。对库内数据建立索引,并对数据的来源、入库时间等做好记录。当一批数据在入库时就在业务表中增加一条记录。接下来就是针对某一批的若干影像数据文件建立景元数据表格,通过数据文件编号来与业务表建立关联关系。影像的每一景数据都对应某一批遥感数据的某一波段,因此逻辑数据库中的波段元数据表格通过景的编号建立与景元数据的关联关系,同时在该表格中建立一个批数据来源的字段与批元数据表格建立关联。每一景数据都根据一定的像素大小(在系统中规定为 128×64 大小,一个这样的区域称为一个tile)对该数据进行逻辑切割,相应地在逻辑数据库中建立一个块元数据表格。由于在系统中设置了基于地名的查询,逻辑数据库中的地名数据库表格显得尤其重要,在表格中通过未经投影的十进制经纬度坐标建立与块和景元

数据的关联关系。

(2)后台应用程序的设计 逻辑数据库是系统直接响应用户查询的后台服务器部分,接下来就是后台逻辑数据库与物理层之间的交互。这一部分的功能对用户来讲是不可见的,最终就是将结果返回给客户。逻辑层与物理层之间的交互包括:通过人工和应用程序建立逻辑层与物理层之间的对应关系;根据逻辑数据库提供的参数和数值采用一定的算法和意图对影像数据文件进行操作。这一部分是系统功能的集中体现,实现的功能具体包括:

①入库前的影像分块。对图像文件进行分块组织是对遥感数据处理的基础,也是逻辑数据库建立的前提。针对一个具

体的影像文件,用一定像素大小的区域(在系统中用 $128 * 64$.)来对其进行切割,根据影像文件的坐标范围和所包含的像素的行列数很容易确定该文件所包含的 tile 的行列数,在逻辑数据库中建立每一个 tile 的记录,并写入 tile 的数据表格。

需要说明的是,后台对影像的切割是一种逻辑上的切割,实际上是对影像的每一块区域(tile)在逻辑数据库中建立索引关系。tile 元数据表格中存储的是影像每一个 tile 的 ID 号,而不是将切割后的 tile 作为大二进制对象存储在关系数据库中。上述影像的切割和入库是在一个程序中完成的。

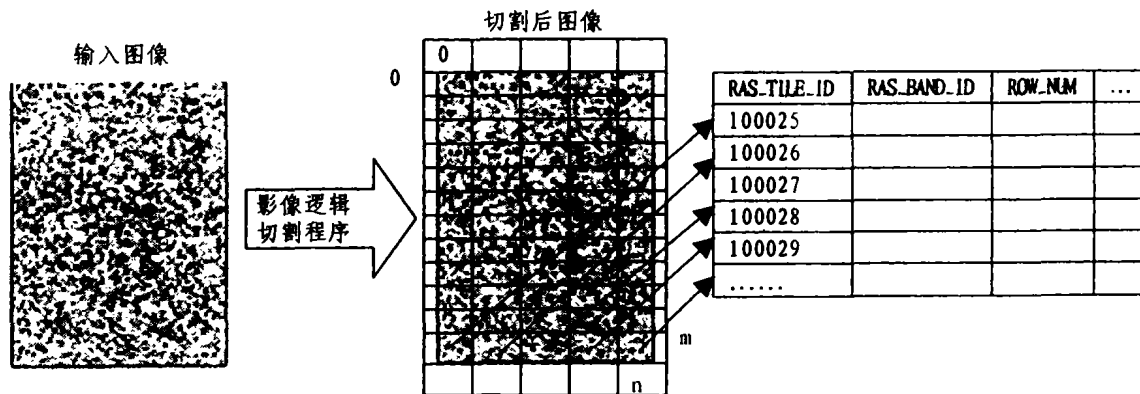


图4 影像的切割和入库处理

②影像提取。用户在客户端对所感兴趣的区域进行查询或选择,后台服务器必须将用户的请求定位到某一数据文件的相应区域,并将这一块有限的范围返回给客户,这样才能够减少数据的传输和缩短系统响应的时间。

影像提取的过程是和过程①有点向逆的过程,它是根据用户的请求去调用相应的逻辑数据库,然后再通过逻辑数据库去调用符合用户请求的 tile,这一过程可以用图5来表示。

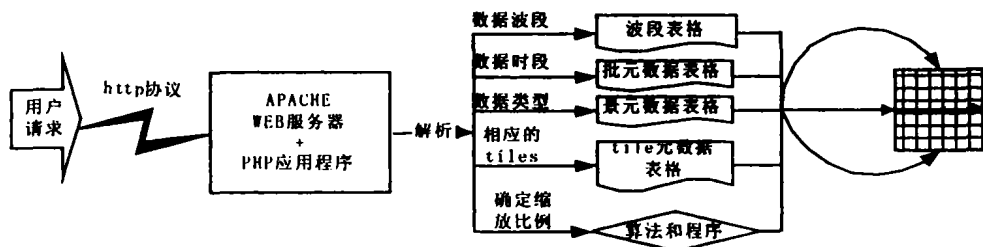


图5 影像提取的过程

③影像缩放。实际上,在过程②当中会有一个这样的问题:当用户请求去查询一定时间、波段和地理范围的图像数据时,服务器端就会面临这样一个选择,那就是在客户端有限的显示区域中,返回给客户一个清晰度高、范围小的图像,还是一个清晰度低、范围大的图像呢?考虑到这个问题,在系统中设置了7种图像显示方式,分别按分辨率为1米、2米、4米、8米、16米、32米、64米的显示模式来让用户选择图像的显示方式。在图像的原始分辨率与上述显示模式中任一种不相一致时,按照与原始分辨率接近的一种显示模式来重采样,如原始分辨率为2.5米的原始图像会被重采样为2米的分辨率,原始分辨率为20米的原始图像会被重采样为16米的分辨率。

在图像的显示过程当中,不同显示模式的切换需要对图像进行重采样。按照这种金字塔式的影像显示方式的组织,后台应用程序需要对逐级显示的图像按照最邻近法来对图像重

采样处理。从上一级高分辨率的显示模式到低一级的显示模式的转换过程中,后台的应用程序从上一级高分辨率图像的相邻4个 tile 取均值赋给一个 tile,从而完成这种转换的过程。后台这种处理过程如图6所示。

④影像拼接。实际上经常存在在某一连续地区的两个有重叠区域的影像文件,不同来源的影像数据重叠的区域也会有所不同。图7表示了输入的影像文件在统一的坐标系统下相互重叠的情况,粗的实线区域表示影像文件,细的虚线区域表示像元,在标有号码的矩形区域内的像元就产生了边缘匹配的问题。

在本系统中为了实现影像区域的自动漫游,即用户在实际操作当中自动从一个区域过渡到另一个文件的相邻区域,需要系统对上述情况进行影像漫游前的处理。针对上述情况,系统对其进行如下的处理。

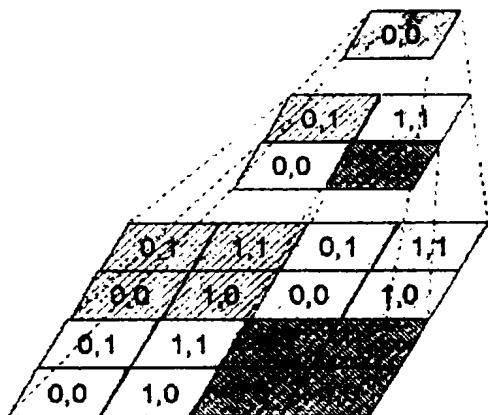
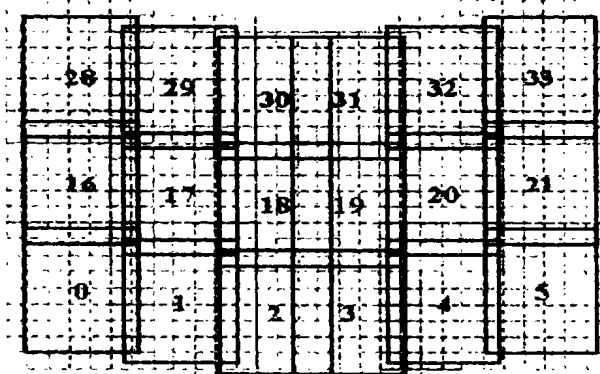


图6 影像塔式显示模式的组织和处理

图7 不同影像文件之间的边缘匹配问题
(摘自微软 TerraServer 技术报告, 1999)

系统首先对每一个输入的影像文件进行切割分块(在过程①中完成),影像的边缘会根据其格网系统自动填充空白区域,这些空白的区域也会根据浏览的分辨率的高低自动进行重采样(过程③)。

系统根据影像的缩放比例,在统一坐标系统中的坐标(X,Y)、景编号等影像的一些专题信息去搜寻 tile 的数据表格,寻找某一区域的另外一个相应的 tiles。如果没有,系统会将原始的数据文件中的相应的 tile 填充到 tile 数据表格,并设为可见;如果存在这样的一个 tile,系统会与该 tile 和刚刚切割的 tile 进行对比。如果新的 tile 没有空白区域,则这个新的 tile 会自动加入到 tile 的数据表格;如果新的 tile 有空白区域,而找到的 tile 没有,则保留原来的 tile;如果两者都有空白区域,则对这两个 tiles 进行合并处理,计算出一个新的 tile 填充空白区域,原来的 tile 设为不可见。

结语 本文根据多源遥感数据的特性按照“塔、块、层、相”的立体索引机制对其进行了组织,实现了基于影像原始数据文件和其逻辑数据库相结合的特殊组织方式,不仅能够做到充分挖掘遥感数据源的丰富地学信息,而且在影像数据的组织方式上也是一个新的尝试。

上述影像数据的组织模式在基于 Internet 地学发布系统的应用上充分体现了这种组织方式的优点,具体体现在如下几个方面:

①缩短了系统后台 web 服务器和数据库之间数据请求和响应的的时间。由于后台关系数据库系统存储的是关系数据库表格,影像切割后的 tile 没有作为大二进制对象(Blob)存储在数据库中,不仅减少了数据库的容量,同时也减少了数据库到 web 服务器之间的数据传输量,加快了数据库相应的速度。

②作为一个 Internet 的信息发布系统,它不仅能够实现遥感数据信息的浏览、漫游、缩放和地理定位的基本要求,同时也满足了更为专业的应用需求,如用户可以查看同一地区不同时间的相同或不同类型的影像数据,观察该地区的时间变化特征;而且,用户甚至可以选择相同来源数据的不同波段进行伪彩色的合成,观察该地区的光谱反射特征,从而观察到更为丰富的地学信息。

③真实的数据仍然作为数据文件存储在数据服务器端,通过与逻辑数据库的影映关系建立与客户端的连接。用户请求的参数在经过 Web 服务器应用程序处理之后将生成的数据和参数交给服务器端一些影像处理的程序和算法进行处理,分析和处理之后最后定位到一个或多个数据文件的某些特定区域,在服务器端生成请求数据的拷贝。这样的存储和组织方式大大减少了后台数据库维护的工作量,缩短了后台数据处理的时间。

上述数据的存储组织方式和系统的设计特点无疑会增加服务器端的负担,是一种完全的胖服务器、瘦客户端的网络模式。考虑到服务器端的处理任务,在系统中采用了普通并行机群作为后台服务器处理系统,将服务器端的处理任务分担到若干机器上共同完成。随着计算机硬件的快速发展,上述服务器端繁重的处理任务将不会成为影响系统应用的一个障碍,以上数据的组织方式和系统的体系结构在当前普通的服务器上应该是可以运行的。

参考文献

- 1 刘仁义,刘南,苏国中. 图形数据与关系数据库的结合及其应用. 测绘学报, 2000, 29(4): 329~333
- 2 方涛,龚健雅,李德仁. 影像数据库建立中的若干关键技术. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 22(3): 266~269
- 3 方金云. 基于 SVM 并行遥感图像处理理论与实践: [中国科学院博士后研究报告]. 2001, 8
- 4 ORACLE Data Cartridge Operating System Interface [EB/OL]. <http://www.ORACLE.COM>. 2001-10-22
- 5 王密,龚健雅,李德仁. 大型遥感影像数据库的空间无缝数据组织. 武汉测绘科技大学学报, 2001, 26(5): 419~424
- 6 Barclay T, Gray J, Slutz D. Microsoft TerraServer: A Spatial Data Warehouse: [Technical Report, MS-TR-99-29]. Advanced Technology Division, Microsoft Research
- 7 <http://www.esri.com>. Raster Data in ArcSDE™ 8.2, An ESRI White Paper, May 2002