

# 分布式海量矢量地理数据共享研究

刘荣高 庄大方 刘纪远

(中国科学院地理科学与资源研究所资源环境数据中心, 北京 100101)

**摘要** 地理空间数据的应用范围迅速扩大, 实现空间数据的共享, 充分有效利用已有数据, 可节约用户成本. 栅格数据的共享方式在多媒体领域有较多研究, 而矢量数据研究得不多. 本文讨论了分布式海量矢量地理空间数据共享的几个问题—海量空间数据的管理、传输、可视化及空间数据共享的安全问题.

**关键词** GIS 空间数据 分布式 共享

中图法分类号: TP311.133.1 P208 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)09-0865-08

## Distributed Geographical Vector Data Sharing

LIU Rong-gao, ZHUANG Da-fang, LIU Ji-yuan

(Center for Resources and Environment Data, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources, CAS, Beijing 100101)

**Abstract** The application of geographical data is extending to various fields rapidly. However, geographical data acquirement is very cost, so the sharing of geographical data is needed in order to save users expense. There are many excellent works about raster data sharing in multimedia field, but vector data, especially very large volume geographical vector data sharing is rare. This paper discusses several problems about geographical data sharing in distributed environment. The first is data management in server, which need manage various data and utilize spatial data structure to support efficient data retrieval. The second is the data transportation between server and client, very large data volume and realtime response to user operation require that meet users maximum need by the minimum data transformation. The third is geospatial data visualization that provides information but only data. The last is the data safe problem, which including data control, digital signature and data watermarking technology.

**Keywords** GIS, Spatial data, Distributed, Sharing

## 0 绪论

地理空间数据可归纳为4种类型:(1)描述物体位置、范围的数据,即几何地理空间数据;(2)几何地理空间数据的属性数据,如区分数据间的ID号或分类号,只是区分地理空间对象的一种标识,本身没有意义;(3)非几何地理空间数据,其与地理空间位置相关,但可独立于几何地理空间对象而存在,如人口与经济数据;(4)非空间数据,它是对象的一种特性描述,与所处位置无关.现有的数据中,约80%属于地理空间数据范畴,研究这些数据的集成、共享机制对重新挖掘数据的潜在价值有重要意义.

非几何地理空间数据在数据的表示、管理、传输等方面与几何地理空间数据存在明显差别,而与其他两类数据相似.因此,几何地理空间数据的共享是地理空间数据共享的关键问题.几何地理空间数据又可分为以矩阵描述的图象、栅格数据及以空间位置坐标描述的矢量地理空间数据.图象与栅格数据的共享相对简单,在多媒体领域已经做了大量相关工作,比较成熟,而矢量地理空间数据的共享要复杂得多.矢量地理空间数据较其他类数据具有如下一些特殊的特征.

(1) 结构复杂 组成数据的基本空间对象单元可以是在空间任意分布的单个的点或由许多点集组

成,其形状、大小甚至维数都不同,不可能以固定元组将这些对象集储存在关系数据库的单个表中。

(2) 数据量巨大 需要高效的管理与检索方法<sup>[1]</sup>。

(3) 操作运算量大 空间数据的操作涉及到对象实体中每一个点的运算,而对象又包含了大量的点,因此,运算量远比普通的文本、数字数据大。

(4) 具有尺度效应 空间数据是对现实世界的抽象,而现实世界又具有无限的复杂性,因此不可能将所有的信息提取出来,同时由于人对客观世界认识的局限性,人对空间信息的理解是有尺度限制的。

(5) 数据集中 空间数据与其他应用的数据,如商业销售数据等不同,除了与空间位置相关外,绝大部分空间数据,特别是基础空间数据,不是在生产过程中自动产生的,而是有目的地专门生产出来的,许多都集中在少数生产者手中,因此其本质上具有集中的特点。

实现矢量空间数据的共享,充分有效利用已有数据,可节约用户成本,推动空间信息技术的应用。

## 1 分布式矢量地理数据共享的管理

### 1.1 空间数据对象定义与管理

地理空间是联系特定对象集合关系的规范框架<sup>[2]</sup>,不同的应用可采用不同的空间模型,如集合空间、拓扑空间、欧几里德空间、尺度空间与网络空间等。对象集合体由空间数据模型描述,隐藏了数据存储细节。已有许多成熟的空间数据抽象类型(ADTs)定义与空间算法研究,并已将这些对象嵌入至查询语言中<sup>[3]</sup>。在这方面基本取得了一致认识。OGC提出了在SQL中包含二维空间的ADTs规范<sup>[4]</sup>,定义了由点(point)、弧(curve)、多边形(polygon)组成的空间数据层次类及与之对应的几何体集合及所有数据类型的基本操作,能在SQL中实现直观空间查询。

GIS可分为4个模块:输入、管理、表示与分析,见图1。早期的GIS软件,这些模块集成为一体。随着互联网的兴起,信息的共享变得更加迅捷,图1的模块可分解为服务器只负责数据管理,而数据生产可由专门的机构负责,用户只需要数据分析与(或)数据表示功能,就能构成一个分布式的共享体系结构,如图2。

### 1.2 分布式空间数据管理

分布式空间数据共享的核心模块是空间数据管

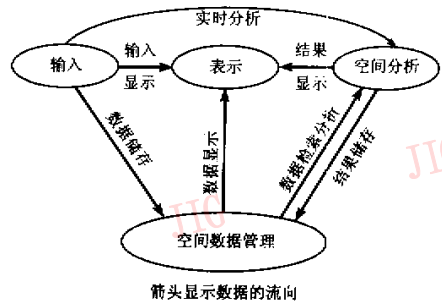


图1 GIS组成模块与关系

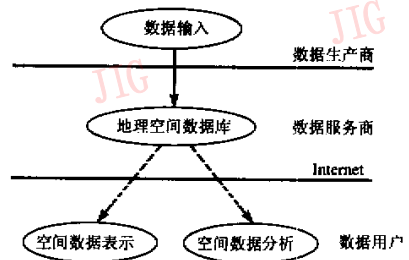


图2 分布式空间数据共享体系结构

理,即空间数据库,近二十多年来一直是个非常活跃的研究领域,这方面的许多研究成果,如空间多维索引,已应用到其他许多领域中。

最早的空间数据管理直接建立在文件系统之上,没有抽象数据定义、事务处理等数据库的特点。当数据库技术发展,特别是关系数据库技术发展后,空间数据的管理逐渐与关系数据库集成在一起。一般有4种方案。

(1) 扩展CAD软件以具有数据库的管理功能。许多以CAD软件为基础的GIS软件是这种类型的代表,如MGE等。

(2) 空间数据与属性数据分别管理。这种方法类似于上一种方法,但是空间数据的设计从开始就是作为GIS的分析目的。空间对象被分为属性部分与非属性部分,属性部分在标准的DBMS中储存,空间数据直接在文件系统中实现,两者通过ID号连接。许多商业GIS软件均使用这一模型,如ARC/INFO<sup>[5]</sup>与一些研究原型<sup>[6]</sup>。这种方法能够实现对空间数据的快速检索,但每次检索需要进行两次,查询优化困难<sup>[7]</sup>,且空间数据的管理不具有数据库的功能。

(3) GIS与商业DBMS连接,使空间数据与属性数据都储存在数据中,并可直接利用数据库具有的功能,如数据一致性、事务处理。对于空间数据的

储存采用两种方法:一种是将几何对象分解为点、线段等用每一元组表示,SDT 的操作在顶层程序完成,每次插入时由顶层程序分解,检索时再重建对象<sup>[8]</sup>;另一种是以“长二进制”在 DBMS 中表示 SDT 值<sup>[9]</sup>,这种方式具有较好的效率,但几何实体仅作为不能理解的字节流进行处理,对几何实体的操作与判定只能在高层完成。

(4) 扩展 DBMS 具有空间功能<sup>[10]</sup>。在 DBMS 的基础上,加入扩展模块,使其能够具有管理空间数据的功能,能够通过扩展的 SQL 语言查询,如 Oracle 的 Cartridges, Informix 的 Geodetic DataBlade。

空间数据管理融入到 DBMS 中是一种趋势,但目前的这些方法较文本属性的 DBMS 距离较大。对于空间的处理不如空间数据与属性数据分开的体系结构方便,效率也比其低。一种好的体系结构应是从物理层直到用户层,空间数据与属性数据应是一个完整的整体,集成空间数据索引与属性数据索引为一体。

### 1.3 矢量地理空间数据的索引

空间管理的主要目的就是能够实现快速检索,这通过采用索引与排序实现。现在的辅助储存器是线性结构的,只适合储存一维数据。一维数据的访问方法比较成熟,如线性哈希表及二叉树。但是在保存空间相邻关系的前提下,不存在空间对象的完全顺序结构。也就是说,不存在从两维或多维空间到一维空间的映射,使得在高维数据中相邻的两个对象在一维的储存序列中也是相邻的,这使得设计高效的空间访问方法更困难。

通常的空间数据索引方法是使用近似的概念,索引结构管理一个或多个较空间对象简单的几何对象键值。首先选择对象的一种近似作为索引与快速过滤,最常用的是最小边界矩形(MBR),然后对过滤得到的对象与查询条件进行精确匹配。索引只管理对象的 MBR 及指向数据库对象描述的指针。这种索引得到的只是检索结果的候选集合,它还需要另一个精确匹配的判定过程<sup>[11]</sup>。

早期的多维数据结构方法,如 K-D-tree 或四叉树法集中在研究内存中的数据,而不考虑辅助储存器的管理。尽管计算机内存不断扩大,但 GIS 应用的数据不可能全部调入内存中。设计空间访问方法的重要性是对储存设备进行物理组织,以减少对辅助储存器的操作,因为,通常空间查找是 I/O 限制而不是 CPU 限制,CPU 的执行性能增加速度远大于 I/O 的访问时间,将来空间访问的方法更依赖于

I/O 操作,而在空间检索的精确匹配阶段,过滤检索数据也是非常耗费 CPU 的,因此需要平衡 I/O 操作<sup>[12]</sup>。

目前存在的空间数据索引方法超过 50 种,这些方法中很多只有细微差别,绝大多数是从 B-树、哈希表、K-D 树改进而来的,还没有一种方法能够证明自身优于其他方法<sup>[12]</sup>。各种方法的性能没有明显的差别,简单与稳定性是商业产品实现选择的首要因素,典型的是 Oracle8、SICAD、Smallworld GIS 中的四叉树,Informix 关系数据库中的 R 树。

## 2 分布式空间数据的可视化

早期分布式数据的共享是通过数据下载的形式实现的,随着用户扩大,许多用户需要的不是数据而是数据所提供的信息。但是,许多需要空间信息的用户没有处理空间数据的软件或者没有处理这些数据的能力,因此,好的方法是向用户直接提供数据向信息的转换功能,即一种方法是空间数据的可视化,另一种是空间数据的分析功能。分布式的分析功能实现相对复杂,分布式环境下,一般只提供简单而有用的功能,如最短路径算法。Web 环境下分布式空间数据的可视化是当前研究的热点,在此环境下,实现海量的地理矢量数据可视化与单机应用有很大的差别,如:

(1) 网络数据的传输速度大大低于本机数据的传输速度,要求在满足客户端数据要求的前提下,尽可能减少数据的传输量,减少传输数据冗余。

(2) 绝大多数用户需要的是方便透明的空间数据可视化服务,即用户从浏览器中浏览地图的过程与浏览其他信息如静止图象的过程应没有明显差别,程序代码应能够从服务器端自动下载与运行,普通用户无需意识到这一过程的存在或这一过程不需要用户的参与。

(3) 客户端机器千差万别且需求复杂,因此要求应用程序具有平台独立性与可扩展性。平台独立性既包括对窗口系统的独立性,如在 Windows 的界面应与在 Open Window 的界面相同,也应包括操作系统与硬件平台的独立性。非平台独立性的软件必然限制一部分用户的使用,这与 Web 环境的通用性原则是冲突的。目前,只有 Java 技术最能符合这一要求。

(4) 服务器端快速反应。Web 环境的一个特点就是对于用户操作的快速反应,Internet 中信息的选择很多,如果等待时间太长,用户会放弃对这种种

息的要求或转移至其他的信息服务。这要求在服务器端应尽可能减少运算量,将较多的数据运算分散到客户端,减轻服务器端的负担。

## 2.1 分布式空间数据可视化体系结构

分布式空间数据的可视化包括以下4种类型:

### (1) 服务器端方式

在这种方式中,地图作为图象以IMG标记的形式嵌入至网页中,浏览器解释该标记,然后向服务器请求图象,Web服务器通过ASP、CGI等接口与GIS应用程序通信,GIS服务器将地图生成图象返回。Arcview Internet Server是这种体系结构的典型。其优点在于:在网络数据流量不大的情况下,用户能够访问大的和复杂的数据集,特别是在多层数据、复杂数据的情况下,图象数据的传输量远远小于矢量数据的传输量;服务器端可充分利用现有软件资源;数据提供者可对数据进行有效控制;对客户端的处理能力要求较少,不需附加任何软件可实现GIS的功能。但是,这种模式的缺点是客户端的每一个请求,不管该请求如何小,必须返回服务器处理,处理结果再通过Internet返回,系统缺乏可扩展性,服务器传到客户端的数据很难被后续操作过程重用。

### (2) 客户端方式

在这种方式中,所有数据的处理在客户端进行,服务器端仅提供数据,而不做任何处理。最常用的方法是利用Java代码或控件(如OCX)直接通过HTTP得数据然后处理,服务器相当于一个远程文件服务器。其优点包括:将所有复杂的处理过程分散到客户端,减轻服务器负担;用户可更多控制数据的使用;客户端可以根据实际情况有选择地下载数据,减少了数据冗余;Web服务器不需要额外的软件支持。缺点是:数据安全不能保证,客户端可以下载所有的数据;程序也不能保证安全,客户端软件下载后,可脱离服务器运行,软件容易被盗用;Web端没有附加软件,不能实现数据的有效索引,大数据量时很难检索;对于多种数据源的访问不能提供一致的接口界面。

### (3) 中间数据转换方式

中间数据转换方式在服务器端从数据库中检索得到数据后,生成一种中间格式图形,客户端获得图形数据后进行渲染显示,如Interngraph公司的Geomedia Web Map以及转换为VMRL的产品。其优点是:用户下载数据后可以任意的放大、缩小、移动等操作;服务器端可实现访问多种数据源的

一致性访问。缺点是:所有需要数据进行一次传输,数据冗余量大。如果用户需要在客户端进行改变图形的操作,如增加一个图层,服务器必须将所有的数据全部重新传输,前一次传输的数据不能为后一次利用,因此,这种方式对于海量数据的可视化来说是完全不可能使用的;客户端一旦获得数据后,所有操作脱离服务器,放大、缩小等操作只是简单的几何放大,不能实现智能放大;格式转换过程计算量大,严重增加了服务器端的负担,对稍微大一些的数据,有明显延迟;中间格式往往需要用户事先安装处理的插件,除非迫不得已或经常使用,否则很多用户不会为了看一下图形而去下载一个庞大的插件,然后再安装,对于偶尔使用的用户或非专业用户经过这样的过程后,也早已对提供的信息失去了兴趣,更糟糕的是,经过这么多过程的忙碌后,用户得到的可能是他不感兴趣的信息。

### (4) 客户服务器协同工作环境方式

这种体系结构在服务器端实现空间数据的管理与检索,客户端对返回数据进行处理。其优点是:通过适当的索引和检索参数,可实现不同层次数据的传送;客户端对得到的数据,可根据应用的要求进行处理、显示,如果用户的操作不需要新的数据,如层间顺序、显示风格等的改变,则不必向服务器端发出请求;通过适当的缓冲机制,可实现客户端的数据重用,不必对所有数据进行重新传输,减少了冗余数据的传输。这些特点,可满足海量数据可视化对多层信息显示、有效数据传送、智能缩放等技术的要求。但是,这种方式实现比较困难,特别是设计客户端与服务器端的通信接口。

## 2.2 分布式矢量空间数据可视化的数据传输

在计算机屏幕上,文本、数字等信息可以没有信息损失的一次性全部显示,超过显示器范围的信息可通过滚动条来查看。这些信息在屏幕中的分布并不重要,如同一文本以两行或三行显示对其信息量没有任何影响。而空间信息以二维图的形式在平面显示器中显示,这些信息空间相关且具尺度效应,由于计算机显示空间有限,当空间信息的量较多时,不能将所有的空间信息一次全部表示,而通过移动滚动条获得所有图象信息与通过降低图象分辨率以扩大图象表示范围获得的信息对用户来说是完全不同的,前者获得的信息是从局部至局部的详细信息,后者获得的是从整体到局部的信息。因此,通常对地图的表示是设计一个固定大小的显示区域,用户通过

放大(Zoom in)、缩小(Zoom out)与平移(Pan)3 种操作查看不同层次、不同位置的空间信息。放大、缩小操作可获得空间对象不同层次结构的信息,但信息的详细程度有所改变;平移操作改变显示信息的位置,获得同一层次不同位置的空间信息,信息的详细程度不改变。

假设在空间数据库中储存一个大比例尺的数据库,所有操作所需的数据都从中获得。这样,存在 3 个变量:空间数据范围、比例尺和视窗范围。很明显,对同一个数据库,空间范围越大,所包括的数据量就越大。假设视窗大小固定,则放大操作使比例尺增大,视窗所涵盖的数据空间范围变小,信息的详细程度增加;而缩小操作使信息详细程度减小,覆盖的范围增加。移动操作并不改变细节,只是改变空间的位置,见图 3。

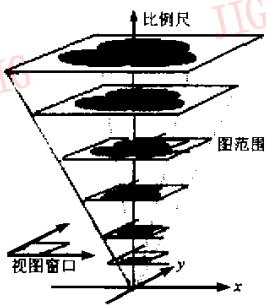


图 3 固定空间范围情况下,地图与比例尺的关系

缩小操作过滤掉了当前比例尺下不能在屏幕显示的小对象。而大的对象,只要其最小边界矩形(MBR)与窗口相交,数据都需要传输,而不仅仅是传输窗口内包含的数据。缩小操作需要的是范围较大,但是细节较少的信息。数据细节的多少主要体现在组成对象的点的密集程度以及组成空间的对象多

少。点的密集不是通过插值得来的,而是原始的数据。虽然可以通过减少空间中的对象来降低分辨率,从而减少数据传输量,但过滤空间对象的效果并不好。当比例缩小一倍,即涵盖的数据范围是原来的 4 倍,而当过滤掉 10% 数据量的小对象时,专题图中就会出现明显的空洞。因此,通过过滤的方法,实际上减少的数据量是非常少的。这是因为几何过滤的方法,只能将小对象忽略,大对象的点的密集程度没有改变,而这些大对象的密集点是数据增加的主要原因。因此,一些软件在实现时,在服务器端对密集大比例尺的数据进行自动抽稀,但是,这同样带来了问题:经过抽稀的数据再不能与原来大比例尺的数据一起进行缓冲,即这些数据不能进行累积传输。因此,如果需要减少数据的传输量,在服务器端实现数据自动综合的过程实际上极大地增加了服务器的运算负担,而且效果不见得好。

移动操作并不改变空间的分辨率,只改变表示空间的位置,也就是包括的对象。这种数据的累积传输比较容易实现,只要查询该范围内的数据,如果包含客户端不存在的对象,则服务器再检索这些对象后传输给客户端。

从一个高分辨率的数据库直接获得低分辨率的数据不仅非常困难,而且即使不考虑符合制图的规律,简单的几何操作也很难降低数据的传输量。实际上,使用简单的几何放大得出的地图,在数据比例尺与地图比例尺差别较大时,得出的图可能是完全不同的。在比例尺较小的时候,细节并不是越多越好,粗略的细节更能够体现地图的整体效果,而小的细节会使人迷失在细节之中,无法获得地图提供的整体信息。所以,目前较好的一种方式是在服务器中提供多种比例尺数据,在一定的比例尺范围内,使用简单的几何放大、缩小及过滤操作,尽管可能回产生一些失真,但这种失真对于人对地图的认知不会产生太大的影响。而且随比例尺的减小,该比例尺所含的数据量急剧减少(表 1)。

表 1 不同比例尺层次的数据特性<sup>[13]</sup>

比例尺层次	数据量(%)	Polygon 数目(千个)	线(line)数目(千条)
1 : 50 000 000~1 : 150 000 000	0.1	1.3	0
1 : 20 000 000~1 : 50 000 000	0.8	18.7	0.2
1 : 10 000 000~1 : 20 000 000	1.6	35.4	0.4
1 : 3 000 000~1 : 10 000 000	6.3	91.0	14.6
1 : 1 000 000~1 : 3 000 000	15.5	209.1	19.6
1 : 300 000~1 : 1 000 000	75.6	550.9	328.2

### 2.3 矢量数据渐增传输的实现

矢量空间数据具有复杂结构,多边形数据与平面数据维数一致,所有多边形的集合构成一个完整的平面,多边形之间没有层次结构,也不能通过属性将其层次结构表示出来.只能说,在某些情况下,一些特征较另一些特征更为重要,在表示时应加以强调.或在某些应用时间只表示特定的特征,而忽略其他特征,如有时只察看某县林地的分布,但是用户的这种选择很难在服务器端事先实现.因此,对多边形的空间数据,可在服务器端根据不同层次的比例尺设计多边形数据库.多边形数据有两种储存方法:一种是以多边形对象为储存单元,如 Arcview Shapefile 文件;另一种是以线为储存单元,多边形是以连接线的 ID 号形成的拓扑结构,如 Arcinfo Workstation 的 Coverage.前者储存简单,在表示时容易操作,而且容易理解,显示时不需要额外的查找,效率较高,但储存的数据要比后一种方法差不多大一倍,而且,向客户端传输数据的量远大于客户端数据需要的量(图4),在服务器中使用后一种数据储存方式更利于海量数据的储存及传输.对数据的索引也不再是以多边形的 MBR 为排序对象,而是以组成多边形的线的 MBR 为排序对象,但是如果使用 Arcinfo 的数据格式,多边形的标识信息是储存在属性表中,这种传输不方便,本文的实现方式是多边形直接储存在线对象的 ID 中.

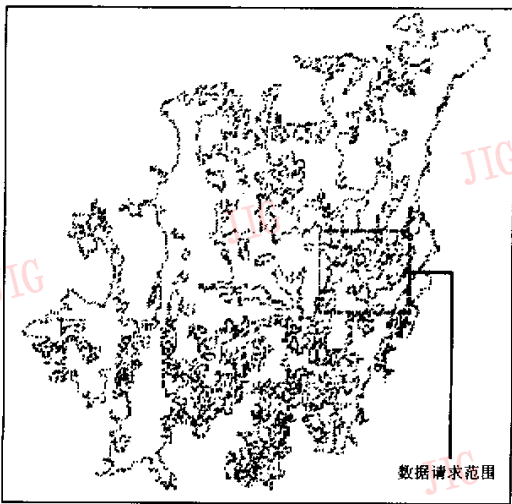


图4 请求范围数据与实际传送数据

点、线数据与多边形数据不同,数据本身的 Coverage 可以用层次性区别,如河流可以存在几个

等级,且这种层次性可在数据生产其间通过属性数据表示出来,如一级公路与二级公路的层次是不同的.可根据不同层次的比例尺传输不同层次的数据.在小比例尺时只传一级地物.实现方案是首先根据特征的属性将特征分成层次,然后再根据分开的层次数据进行索引.

通过服务器的数据组织,在服务器端只形成两种数据:线数据与点数据.组成多边形的线数据没有层次结构,其层次结构是由比例尺决定,如果超过比例尺,则使用另一数据库中的数据.而线性地物的线性数据及点数据本身是有层次结构的,根据比例尺及层次属性确定是否传递该层次数据.

空间数据的传输可分为两个过程:程序启动时的数据传输及用户操作时的数据传输.程序开始启动时,客户端没有任何空间数据,一种办法是首先传输一个缩略图,随后传输全部数据集范围内的小比例尺数据,等待用户的放大操作.另一种方法是传输一个大比例尺数据的一小部分,等待用户的缩小操作与移动操作.从用户的习惯与人的认知规律来看,从整体至细节的第一种方法更好.用户放大操作,比例尺变大,但请求的空间数据范围变小,随后传小范围的大比例尺的数据.当请求的数据的比例尺在两比例尺之间时,传输大比例尺的数据.客户端,对不同的比例尺数据分别进行缓冲.当用户操作时,首先检查缓冲区的数据是否符合要求,如不符合,则向客户端请求应补充的数据,这样能达到数据的最小传输及实现每次传输时保证数据的一致性、完整性.缺点是需要服务器端预先制作多个比例尺的空间数据,不过,在目前技术不能通过一个高比例尺数据库实时生成任意的小比例尺数据情况下,这种操作是必要的.

## 3 分布式空间数据共享的安全

共享数据不等于无限制的自由使用,恶意的个人或团体有可能在没有得到版权者许可的情况下非法复制、传播版权保护的内容.因此,需要对具有版权的数据实施有效保护,否则将打击数据生产者的积极性,导致所能够获得的共享数据越来越少.如何实现有效的版权保护是空间信息共享的一个重要问题.当前,数据安全技术的有列几种(见图5):

(1) 服务器文件层次的控制 在服务器端控制不同用户对信息源的访问,对版权保护的数据,只提供授权用户访问,可防止非法信息的获取.这种文件

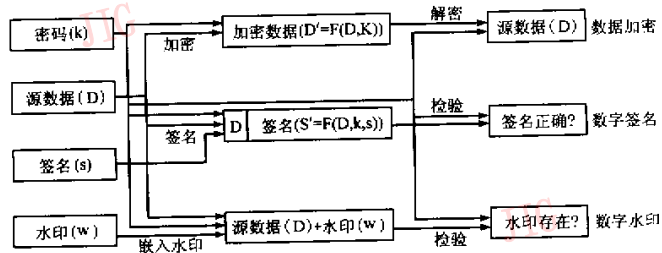


图5 数据安全的数据加密、数字签名与数字水印过程

的安全可以在操作系统级对文件权限进行控制,也可以在网络防火墙或数据库层次进行授权。总之,就是在服务器端通过某种措施,控制不同用户对数据的访问。

(2) 加密 用能够解密数据的数学原理编码数据。数据由可操作的格式转换为某种密文,需要提供密码才能还原文件,恢复数据原来格式。加密方法分为加密、解密密钥相同的对称式加密与加密、解密密钥不同的非对称加密两种。非对称加密密钥由一对公钥与私钥组成,使用公钥加密的数据只能用其对应的私钥解密,同样,用私钥加密的数据也只能用对应的公钥解密。前者保证数据不被非法使用,后者能够证明数据的合法来源。发送数据给某一用户,用其公钥加密,然后接收者使用私钥解密,这一过程不需要私钥的传输,保证只能拥有私钥的用户可以解读该数据。这种方法实现了某些用户能够对得到的数据进行恢复,非法用户虽然也可以获得加密数据,但由于没有密码,不能使用该数据。

(3) 数字签名 信息发送者用其私钥对从所传数据中提取的特征数据进行加密操作,以保证发送者无法抵赖曾发送过该信息(即不可抵赖性),同时也确保信息在传递过程中未被篡改(即完整性)。当接收者收到信息后,可用发送者的公钥对数字签名进行验证。这与现在使用的手签名有类似的功能,如果去掉签名的信息不能做任何依据,就像没有公章的文件虽然存在内容,但没有任何意义,同时,也不可能使一个文件的公章用在其他文件上,即公章与文件是完整的,公章能够证明文件的来源。但是,公章可以伪造,而数字签名从理论上说不同文件重复的数字签名的概率极其微小,在不知道密码的情况下伪造某一信息的数字签名几乎是不可能的。数字签名在美国已被法律承认。

(4) 数字水印 上述3种方法中,服务器端的控制与数据加密能够部分实现版权数据的合法使

用。然而,合法用户一旦取得数据后,数据完全透明,没有保留数据拥有者的任何信息,合法用户可以成为非法的复制者。在有多个合法用户情况下,不能确定谁是非法的复制者。另一种是,有些产品可以自己使用但不能用于商业目的或传播,有些产品,如图片,可以自由浏览,但不能自由使用。然而,不能保证所有的用户都遵循这一限制,有些用户可能将这些图片作为自己的研究成果或用于自己的项目中。解决这一问题的一种方法是在图片头部或底部加入版权信息,但这些信息很容易在图象处理软件中去掉。其更好的方法应是能够在数据中植入一种不可觉察的附加信息,且与原始数据完好结合,不能分开。在经过任何处理后,只要不严重破坏原始图象至图象不可用,这种附加信息仍然能够保存下来。这种将数字、序列号、文字、图象标志等版权信息嵌入到数据中,以起到版权保护、数据文件真伪鉴别与产品标识等作用的技术,就是数字水印(Digital Watermarking)技术。

数字水印是在信息隐藏(Information hide)或信息伪装(Steganography)研究的基础上发展起来的。与加密不同,加密是将信息转换为一种不能被别人理解的信息,而数字水印是将信息寄宿于其他信息中,使人们不能觉察到这种信息的存在。数字水印具有不可见、鲁棒性、出错概率低及抗攻击等特性。

图象的数字水印已经提出了许多方案,根据在检测端是否使用原始图象分为检测时不需要原始影象<sup>[14]</sup>及需要原始影象作为输入<sup>[15]</sup>两类。后一种方法适合于图象中各种方式改变的图象,但不能应用于数字水印的自动搜索。目前主要的研究基本上都集中在无原始图象的检测上。水印可以直接嵌入至空间域或嵌入到适当的转换域中,在一些算法中,为了获得和保证水印不可见,考虑了局部图象特点及人的视觉系统的特性<sup>[16]</sup>。

早期在数据隐藏中的工作主要是改变图象中的

最不重要的位以隐藏数据,将信号隐藏到最不重要的两个位<sup>[17]</sup>.将空间图象的表示转换为另一种表现形式,将数据水印植入,再通过逆转换成为图象的表现形式(图6).不同的转换可以保持图象某些操作的不变性,转换的表示方法较空间域直接嵌入水印的方法要更具鲁棒性.最早采用的可能是基于DCT变换方法,在这种方法中,数字水印并不覆盖整个图象,只是改变某些随机选择的区域以嵌入数字水印,通过交换系数,编码水印植入到选择的块中.随后的研究表明,对视觉重要的信息在图象变换中更容易保存,水印嵌入至这些部分具有更大的鲁棒性.

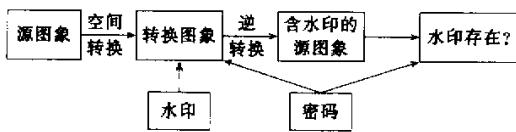


图6 通过转换域植入数据水印的过程

## 4 总结

本文讨论了分布式海量矢量地理空间数据共享的几个问题——海量空间数据的管理、传输、可视化及空间数据共享的安全问题.目前,在矢量数据可视化方面,很难通过一个大比例尺数据库完全满足客户端放大、缩小的操作,这涉及到地图的自动综合,而地图的自动综合是一个尚未解决的问题,而且很难在可预见的将来解决,因此,对于这种方案往往采用在服务器端保存多个比例尺数据库的方法实现.

## 参考文献

- 1 Chen L *et al.* Access to multidimensional datasets on tertiary storage systems[J]. *Information Systems*, 1995,20(2): 155~183.
- 2 Shekhar S S *et al.* Spatial databases: Accomplishments and research needs[R]. University of Minnesota technical report, Csci TR97-016, 1997.
- 3 Egenhofer M. Spatial SQL: A query and presentation language [J]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 1994,6(1):86~95.
- 4 Open GIS Consortium, Inc. OpenGIS simple features specification for SQL [EB/OL]. <http://www.opengis.org/public/abstract.html>, 1998.
- 5 Morehouse S. The architecture of ARC/INFO[A]. In: Proc. of the Auto Carto 9 Conference[C], Baltimore, Maryland, USA, 1989:266~277.
- 6 Ooi B *et al.* Extending a DBMS for geographic applications[A]. In: Proceedings of IEEE Fifth International Conference on Data Engineering[C], Los Angeles, CA, 1989:590~597.

- 7 Samet H *et al.* Spatial data models and query processing in modern database systems [A]. In: W. Kim (Ed). *The Object Model, Interoperability, and Beyond* [C], Addison-Wesley/ACM Press, 1995:338~360.
- 8 Berman R R *et al.* GEO-QUEL: A system for the manipulation and display of geographic data[J]. *Computer Graphics*, 1997, 11(2):186~191.
- 9 Abel D J. SIRO-DBMS: A database tool kit for geographical information systems[J]. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1989,3(2):103~116.
- 10 Vijlbrief T *et al.* The GEO++ system: An extensible GIS[A]. In: Proc. Symposium on Spatial Data Handling[C], Charleston, South Carolina, USA, 1992:40~50.
- 11 Orenstein J. An object-oriented approach to spatial data processing[A]. In: Fourth International Symposium on Spatial Data Handling[C], Zurich, Switzerland, 1990,820~829.
- 12 Gaede V *et al.* Multidimensional access methods [J]. *ACM Computing Surveys*, 1998,30(2):170~231.
- 13 Brinkhoff T. The impacts of map-oriented internet applications on internet clients, map servers and spatial database systems [A]. In: Proc. 9<sup>th</sup> International Symposium on Spatial Data Handling[C], Beijing, 2000,7b21~7b33.
- 14 Nikolaidis N *et al.* Robust image watermarking in the spatial domain[J]. *Signal Processing*, 1998, 66(3):385~403.
- 15 Cox I J *et al.* Secure spread spectrum watermarking for multimedia [R]. NEC Research Institute, Technical Report, 1995.
- 16 Xia X G *et al.* A multiresolution watermark for digital images [A]. In: Proceedings of ICIP'97[C], Santa Barbara, CA, USA, 1997:548~551.
- 17 Schyndel R G *et al.* A digital watermark [A]. *IEEE International Conference on Image Processing* [C], Austin, Texas, USA, 1994:86~90.

刘荣高 1970年生,博士,现在中国科学院地理科学与资源研究所资源环境数据中心做博士后研究.研究方向为面向地理空间数据应用的基础理论方法.

庄大方 研究员,现为中国科学院地理科学与资源研究所资源环境数据中心主任.研究方向为资源环境数据库建设.

刘纪远 研究员,博士生导师,中国科学院地理科学与资源研究所所长,研究方向为资源环境遥感及空间分析.