

# GIS 二次开发中空间数据库技术解决方案研究

文小岳<sup>1,2</sup>, 范冲<sup>1</sup>, 周树林<sup>2</sup>, 赵俊三<sup>3</sup>

(1. 中南大学 信息物理工程学院, 湖南 长沙 410083; 2. 长沙市国土资源局, 湖南 长沙 410001;

3. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650093)

**摘要:** GIS 二次开发中对于空间数据的管理与应用可以采用两种方式, 一种是采用 GIS 平台商提供的空间数据库管理中间件加通用商业数据库软件, 另一种是直接采用数据库厂商提供的空间数据库扩展模块; 论文将以 ArcSDE 和 Oracle spatial 为例, 从空间数据的模型、存储方式、应用开发等方面详细比较两种解决方案的优缺点, 探讨了 GIS 二次开发中空间数据库比较合理的技术实现方法。

**关键词:** 地理信息系统; 空间数据库; ArcSDE; GeoDatabase; Oracle Spatial

**中图分类号:** TP311.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2007)03-0005-04

## Methodologies of the Implementation of the Spatial Databases in the GIS Software Development

WEN Xiao-yue<sup>1,2</sup>, FAN Chong<sup>1</sup>, ZHOU Shu-lin<sup>2</sup>, ZHAO Jun-san<sup>3</sup>

(1. School of Info-Physics and Geomatics Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Changsha Land and Resources Bureau, Changsha 410001, China;

3. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract:** There are two major technical approaches for the management application of the spatial databases in the GIS software development. The first is to adopt spatial database engine (SDE) provided by commercial GIS companies through relational database management systems, and the second is directly to use spatial database expanding models provided by spatial database companies. ArcSDE and Oracle Spatial are taken as the examples to make a detailed study and comparison between the two approaches from the aspects of the spatial data models, data storage methods, and the application development. Finally, a reasonable solution of implementation of the spatial database management system in GIS application software development is provided.

**Key words:** GIS; spatial database; ArcSDE; GeoDatabase; Oracle Spatial

## 0 引言

目前 GIS 软件开发过程中空间数据库建立的主流模式基本上有 3 种: 一是采用国内外 GIS 厂商提供的中间件加主流数据库, 比较典型的的就是采用 ArcSDE + 商业数据库系统, SpatialWare + Oracle 等等; 二是直接采用数据库厂商提供的空间数据库扩展模块, 例如 Oracle Spatial, Spatial Database 和 Spatial Extender 等等; 最后一种模式是自行开发空间数据库引擎, 这种模式比较适合规模比较大, 技术力量比较强大的 GIS 厂商, 如超图公司开发的 SuperMap SDX 等等。大多数国内 GIS 软件开发公司采用第一种和第二种解决方案, 这两种方案代表了空间数据库技术的主要发展方向, 本文将以 ArcSDE 和 Oracle spatial 为例, 从空间数据的模型、存储方式、应用开发等方面详细比较两种解决方案的优缺点, 探讨 GIS 二次开发中比较合理的空间数据库技术实现方法。

收稿日期: 2007-03-11. 基金项目: 国家科技部中小型科技创新基金资助项目 (项目编号: D5C262153D1424).

第一作者简介: 文小岳 (1977-), 男, 在读博士研究生, 主要研究方向: 面向对象数据库与城乡一体化地籍。

E-mail: cswxy@sina.com

# 1 空间数据库技术

## 1.1 空间数据库简介

空间数据库是地理信息系统建设的核心,地理信息系统几次重大的技术转折都与空间数据库管理系统的突破相关.数据库技术的发展经历了 4 个阶段,即文件系统、层次数据库系统、网状数据库系统和关系数据库系统.随着面向对象的软件方法在软件开发中的广泛的应用,一种新型的数据库“面向对象的数据库”近年来逐步发展起来.使用面向对象的模型存储空间地物是高效的、易于理解的,但面向对象型数据库不支持基于工业标准的 SQL 语句,同时与其他类型数据库没有良好的兼容关系,这限制了它的使用范围与应用前景.

因此目前关系型数据库在整个数据库应用领域占据着主导地位.由于传统的关系数据库仅支持一些传统的简单的数据类型,不能满足像视频、音频、图形和图像等类型的多媒体数据,更不能满足像空间数据这样更为复杂的数据的要求.于是各大 GIS 厂商和数据库公司同时发展和扩展了关系型数据库,形成了介于关系数据库和对象数据库之间的对象-关系型数据库.这种数据库可以将复杂的数据类型(例如空间数据)作为对象放入关系数据库中,并且提供索引机制和简单的操作<sup>[5]</sup>.

## 1.2 目前空间数据库的技术发展趋势

目前空间数据库技术有两种发展趋势,一种是 GIS 厂商发展的中间件技术,比较常见的是 ESR I 公司的 ArcSDE 和 Map info 公司的 SpatialWare 所谓中间件是一个软件,它允许应用元素通过网络连接进行互操作,屏蔽其下的通讯协议、系统结构、操作系统、数据库和其他应用服务.中间件位于客户机 服务器的操作系统之上,管理计算资源和网络通讯,并营造出一个相对稳定的高层应用环境,使开发人员可以集中精力于系统的上层开发,而不用过多考虑系统分布式环境下的移植性和通讯能力.因此,中间件能无缝地连入应用开发环境中,应用程序可以很容易地定位和共享中间件提供的逻辑和数据,易于系统集成.在分布式的网络环境下,客户端的应用程序如果要访问网络上某个服务器的信息,而服务器可能运行在不同于客户端的操作系统和数据库系统中.此时,客户机的应用程序中负责寻找数据的部分只需要访问一个数据访问中间件,由该中间件完成网络中数据或服务的查找,然后将查找的信息返回给客户端(中间件体系结构<sup>[6]</sup>如图 1 所示).另一种就是数据库厂商的空间数据库扩展技术,比较常见的是 Informix 数据库的 Spatial Data-Blade 技术、BM DB2 数据库的 Spatial Extender 技术和 Oracle 数据库的 Oracle Spatial 本文将以 ArcSDE 和 Oracle Spatial 为例详细比较这两种技术路线的优缺点.

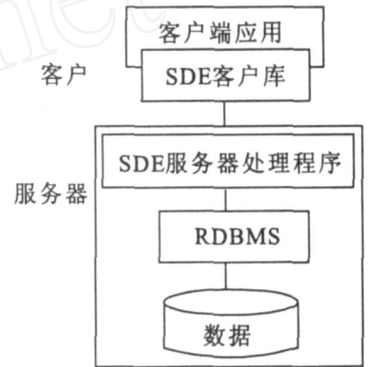


图1 SDE体系结构  
Fig.1 System structure of SDE

## 2 ArcSDE 和 Oracle Spatial 比较

### 2.1 ArcSDE 和 Oracle Spatial 空间数据模型比较

ArcSDE 是 ESR I 的数据库门户技术,它允许有效的存取、索引和获取矢量数据、栅格数据、元数据和测量数据等.它集成了长事务和版本管理功能,可以支持各种大型商业数据库,具有良好的可操作性,开放性、扩展性.

ArcSDE 采用如图 2 所示的 Geodatabase 空间数据模型,并且实现了 Geodatabase 模型的物理存储. Geodatabase 是 Arc Info 8 以后版本引入的全新的面向对象的数据模型,他被 ESR I 用来取代原有的 shape 数据模型和 Coverage 数据模型. Geodatabase 在同一的模型框架下对 GIS 通常所处理和表达的地理空间要素,如:矢量、栅格、三维表面、拓扑、网络、地址等,进行统一的描述;同时在 Geodatabase 模型中,地理空间要素的表达较之以往的模型更接近于我们对现实事物对象的认识和表述方式. Geodatabase 中引入了地理空间要素的行为、规则和关系,当处理 Geodatabase 中的要素时,对其基本的行为和必须满足的规则,我们无需

通过程序编码;对其特殊的行为和规则,则可以通过要素扩展进行客户化定义.这是其它任何空间数据模型都做不到的<sup>[2]</sup>.

Oracle Spatial是 Oracle公司提供的空间插件.由于 Oracle支持自定义的数据类型,可以用数组,结构体或者带有构造函数,功能函数的类来定义自己的对象类型.这样的对象类型可以用于属性列的数据类型,也可以用来创建对象表.Oracle Spatial也正是基于此种特性所开发的一套空间数据处理系统.

Oracle Spatial的自定义数据类型有很多,都在 MDSYS方案下,经常使用的是 SDO\_GEOMETRY类型. SDO\_GEOMETRY表示一个几何对象,可以是点、线、面、多点、多线、多面或混合对象. Spatial在此数据类型的基础上,实现了 R树空间索引和四叉树空间索引,同时它还可以以 Sql函数的形式实现了多种空间分析功能.

Oracle Spatial基于数据库管理系统提供了一个完全开放的空间数据管理机制,并且完全集成于数据库服务器端,数据库用户可以通过 SQL语句定义和操作空间数据,同时也能访问标准的 Oracle数据库. Oracle Spatial提供了一个标准的 SQL模式和多个函数,这使得在 Oracle数据库中存储、检索、更新和查询空间数据更容易和高效.它包含以下 4个部分: 一个模型用来定义存储、语法和所支持几何数据类型的语义; 一个空间索引机制; 一组操作符和函数用来执行对感兴趣的区域的空间连接查询; 管理工具.

Oracle Spatial在管理上采用了图 3所示的数据模型.这种方式与 ArcInfo下的 Coverage数据模型非常相象,其空间数据是一个等级结构,由基本元素、积聚体、几何体、要素层等构成的.层由几何体构成,而几何体又由基本元素和积聚体(Collection)构成.支持的空间元素类型是点,线段,多边形.例如,元素可以是星群型(点集),道路(线串),和线边界(多边形),一个元素的每个坐标存储为一个(x, y)对.一个有洞的多边形的外部环与内部环被认为是两个截然不同的元素,他们一起构成一个复杂的多边形<sup>[1]</sup>.

正是由于 Spatial这种管理模型的制约,在多用户使用,特别是在多用户环境下编辑时可能会有问题.

通过比较 ArcSDE和 Oracle spatial的数据模型可以看出,Oracle Spatial强调或关心的是使 ORACLE DBMS所管理的数据库能够“空间化”,Oracle Spatial实现的仅仅是“点、线、面”等简单空间要素的存储和检索,而 ArcSDE则除此之外还能管理面向对象的注记、平面拓扑、线性拓扑、栅格(影像)数据、CAD数据以及位置等等.

### 2.2 ArcSDE 和 Oracle 的存储模式比较

ArcSDE支持 3种存储模式<sup>[3]</sup>,他们分别是: The Normalized geometry storage schema; The Binary geometry storage schema; The Geometry Type where the SQL type system is extended

ArcSDE具体的存取模式根据关系数据库的不同而不同见表 1. Oracle spatial空间插件的发布版支持 2种存储机制,他们分别是: 对象相关模式(Geometry Type).使用一个单列类型 MDSYS SDO\_GEOMETRY的表,将每个几何图形实例存储在一行中; 关系模式(Normalized Schema).使用一个预先定义的类型为 NUMBER的列集合的表,将每个几何图形存储在一行或多行中.

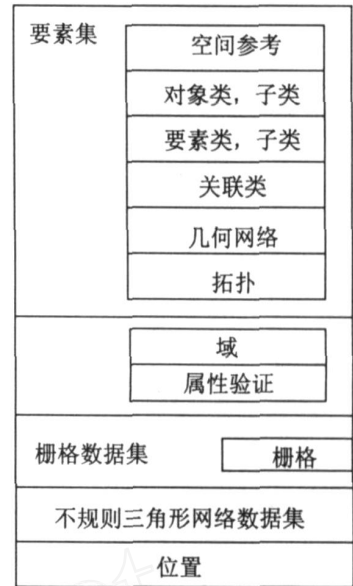


图2 Geodatabase空间数据模型 Fig.2 Spatial Model of Geodatabase

空间层次结构	示例
层	所有的道路、所有的河流、全国的电力网
几何体	同一父层中的一个或多个学区、邮政编码区或人口普查区
积聚体	单个父级几何体中的一个或多个特性线、分布节点或城市
元素	单个的公用事业供应点(点)、电缆线路(线)、可建筑地块(多边形)、不可建筑地块(洞)
坐标数据	(X, Y) 坐标对, (经度, 纬度)

图3 Oracle Spatial空间数据模型层次结构 Fig.3 Layer Structure of Oracle Spatial data Model

表 1 4种常见数据库空间数据存取模式一览表

Tab 1 4 Kinds of common spatial data access models of databases

DBMS	GEOMETRY STORAGE	COLUMN TYPE
BM DB2	Spatial Extender-Geometry Type	ST_Geometry *
Informix	Spatial Database-Geometry Type	ST_Geometry *
Microsoft SQL Server	Binary Schema (ArcSDE Compressed Binary)	Image
Oracle	Binary Schema (ArcSDE Compressed Binary)	Long Raw
	Binary Schema (LOB)	Blob
	Oracle Spatial-Geometry Type	SDO_GEOMETRY
	Oracle Spatial-Normalized Schema	number

从表格 1 中我们可以看出,就空间数据物理存储模型而言, ArcSDE 和 Oracle Spatial 支持的共 5 种:

压缩二进制 LONG RAW (ArcSDE 支持); 压缩二进制 LOB (ArcSDE 支持); 对象相关 VARRAY (ORACLE 支持); OGC 空间类型 (ArcSDE 支持); 规范化存储 (ORACLE 支持).

其中, ArcSDE 支持的 3 种格式要么与 OGC (OpenGIS Consortium) 颁布的规范 (Simple Feature Specification for SQL) 一致, 要么完全含盖了 OGC 的规范, 并作了相当的扩展. 而 ORACLE 所支持的两种格式都与 OGC 规范不全相容. 例如 Oracle 支持的几何类型为 7 种: 如图 4 所示:

SDO_GTYPE 的值	数据类型	说明
d000	未知的几何对象	Spatial 忽略此类型
d001	点	该对象包含一个点
d002	线	该对象包含一条线
d003	多边形	该对象包含一个多边形
d004	集合	该对象包含多种元素的集合
d005	多点	该对象包含多个点
d006	复合线	该对象包含复合线
d007	复合多边形	该对象包含复合多边形

图 4 Oracle spatial 中几何类型

Fig 4 Geometric classes of Oracle spatial

而在 OpenGIS Specification for Simple Features in SQL [7] 中总共有 point (点)、curve (曲线)、linestring (折线)、surface (面)、polygon (多边形)、Geometry collection (几何集合对象)、multipoint (多点)、multicurve (多曲线)、multilinestring (多折线)、multisurface (多面)、multipolygon (多个多边形) 等 11 种简单几何对象 [4]. 他们的几何模型如图 5 所示:

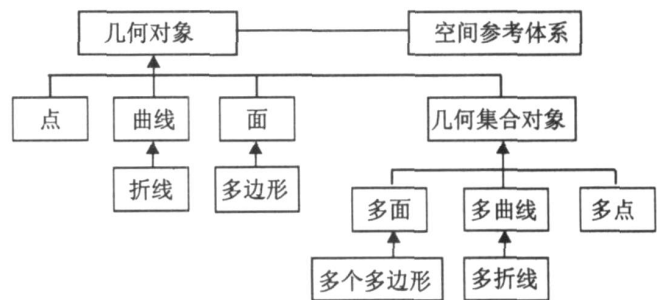


图 5 开放式 GIS 中简单对象几何模型的详细描述

Fig. 5 Simple object geometric models of the open GIS

这种不兼容自然会影响到基于该平台上的 GIS 系统的数据共享和互操作性. 而数据共享和系统互操作性是 GIS 平台本身及其应用发展的关键趋势. 同时 ORACLE 的

对象相关 VARRAY 方式是所谓的“白箱”, 即数据对象所“包裹”的内容是可以直接访问和操纵的. 而 ArcSDE 的方式则是所谓的“黑箱”, 客户端不能直接在数据库表一级直接操作底层数据对象结构中的内容. “白箱”的好处是其客户端可以直接通过 SQL 访问数据, 但正因为如此, 数据的一致性成了问题.

(下转第 18 页)

- 65, 89.

- [5] 刘淑兰,于德龙,覃奇贤.  $\text{PbO}_2$  - WC 复合物阳极的研究 [J]. 应用化学, 1995, 12(5): 46 - 49.
- [6] 蔡天晓,鞠鹤,武宏让,等.  $\text{PbO}_2$  电极中加入纳米级  $\text{TiO}_2$  的性能研究 [J]. 稀有金属材料与工程, 2003, 32(7): 558 - 560.
- [7] 郭忠诚,杨显万. 电沉积多功能复合材料的理论与实践 [J]. 北京:冶金工业出版社, 2002.
- [8] 曹建春,郭忠诚,潘君益,等. 新型不锈钢基  $\text{PbO}_2/\text{PbO}_2$  -  $\text{CeO}_2$  复合电极材料的研制 [J]. 昆明理工大学学报:理工版, 2004, 29(5): 38 - 41.
- [9] Munichandraian N. Insoluble anode of  $\text{PbO}_2$  - lead dioxide coated on titanium for electrosynthesis of sodium perchlorate [J]. J Appl Electrochem, 1988, (18): 314 - 316.
- [10] 郭忠诚,潘君益,朱晓云.  $\text{Al/Pb}$  - WC -  $\text{ZrO}_2$  复合电极材料的电化学性能研究 [J]. 材料保护, 2006, 39(9): 39 - 42.

(上接第 8 页)

### 3 结语

ArcSDE 采用的 Geodatabase 数据模型是目前比较优越的地理数据模型,同时 ESRI 公司提供了 Geodatabase 的数据访问部件和比较强大的 ArcSDE CAP 接口,对于 GIS 二次开发来说是首选的空间数据库技术. Oracle 数据库具有标准的 SQL 查询、页面缓冲、并发控制、多层结构的分布式管理、高效稳定的数据管理工具和高级语言调用等,并且能确保数据的完整性、安全性和可恢复性;同时由于 Oracle 支持的存储模式比较多, ArcSDE 所支持的三种模式都可以在 Oracle 上实现,用户可以自由选择存储类型,可以充分利用各种存储模式的优点. 因此采用 ArcSDE 作为中间件, Oracle 作为关系型数据库是开发空间数据库的理想模式.

### 参考文献:

- [1] Oracle8i Spatial User's Guide and Reference [M]. Release 8.1.5 Oracle, 2001.
- [2] Modeling Our World: The Esri guide to Geodatabase Design [M]. ESRI, 1999.
- [3] The Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC) OpenGIS Specification for Simple Features in SQL Revision 1.1, 1999.
- [4] 龚健雅,杜道生,朱庆,等. 当代地理信息技术 [M]. 北京:科学出版社, 2004.
- [5] 张成才,孙喜梅,黄慧. SDE 的实体 - 关系模型空间数据管理方式研究 [J]. 计算机工程与应用, 2003: 25 - 31.
- [6] 傅俊. 实现 ArcSDE 向 Oracle9i Spatial 空间数据的转换 [J]. 计算机应用研究, 2003: 55 - 62.
- [7] 蔡晓兵. ArcSDE 中间件技术的生命力 [J/OL], <http://www.esrichina-bj.cn/>, 2004.