

基于 SVG 显示模型的 WebGIS 的设计与研究

The Design and Research of WebGIS Based on The Display Model of SVG

朱 勇 (南京陆军指挥学院教育技术中心 南京 210036)

高素青 (解放军理工大学指挥自动化学院计算机教研室 南京 210036)

陆亚东 (南京陆军指挥学院教育技术中心 南京 210036)

摘 要: 论文研究了以 SVG 为地图表现的基于 B/S 结构的 WebGIS, 针对当前 SVG 应用仅停留在数据显示转换的层次上, 根据 SVG 的特征和显示模型, 提出了基于 SVG 显示模型对象的扩展逻辑模型, 使用模型数据映射的方法来实现地图的生成。同时, 为适应大数据量和动态请求提出了一个交互控制策略, 并设计实现了原型系统。

关键词: SVG 图形 Web 地理信息系统 逻辑模型 交互控制策略

1 引言

随着 SVG (Scalable Vector Graphics) 技术在网络上的兴起, 这种基于 XML 技术的矢量图形在 WebGIS 中的应用研究越来越多。然而, 大多数研究仅停留在地图数据显示和转换的层面上, 这样一方面造成 SVG 本身的许多强大特性 (如支持矢量栅格一体化数据、支持动态数据修改、自定义属性等) 不能高效地用于地图的显示; 另一方面, 显示的地图数据量不能太大, 并且动态改变比较困难。本文将重点研究建立一种基于 SVG 显示模型的扩展了原有 GIS 对象数据类型的能适应较大数据量地图和动态请求的 WebGIS 原型系统。

2 SVG 技术

SVG 的全称是可伸缩的矢量图形 (Scalable Vector Graphics), 它是 W3C 规范中的网络矢量图形标准, 包括了向量图形、文字、影像图三种对象形式。SVG 是一种基于 XML 的用来描述二维矢量图形和矢量/点阵混合图形的置标语言, 是一种全新的矢量图形规范。SVG 规范定义了 SVG 的特征、语法和显示效果, 包括模块化的 XML 命名空间 (namespace) 和 SVG 文档对象模型 (DOM)。SVG 的绘图可以通过动态和交互式方式进行, 在实际操作中, 则是以嵌入方式或脚本方式来实现的。SVG 图形可以任意放大或缩小而不损失任何细

节。

当然, SVG 并非仅仅是一种图像格式, 它继承了 XML 的跨平台性和可扩展性, SVG 可以内嵌于其他的 XML 文档中, 而 SVG 文档中也可以嵌入其他的 XML 内容, 各个不同的 SVG 图形可以方便地组合链接, 构成新的 SVG 图形, 从而在图形可重用性上迈出了一大步。由此可见, SVG 图形的实质是所有显示对象的一个集合, 主要由 SVG 文件中定义的显示对象和外部链接对象组成 (此外还包括控制脚本)。

3 GIS 中基于对象的逻辑模型与 SVG 显示

3.1 逻辑模型

GIS 的数据结构主要有矢量数据、栅格数据、矢量栅格一体化数据。它的存储模型目前主要流行的是关系型数据模型以及增加了自定义对象的对象关系型数据模型。该模型可以管理、查询、索引结构化的非空间数据和非结构化的空间数据。非结构化的空间数据在 GIS 中通常表现为空间数据对象, 它是一种基于对象的空间信息模型, 主要对象有: 点 (point)、线 (curve)、面 (surface)、几何体集合 (geometry collection)。

- 点: 点描述一个零维对象的形状, 它是组成线或面的基本对象;

- 线: 线描述一维对象的形状, 在 GIS 中通常用一个或多个直线段建模表示, 它是组成面的基本对象,

同时某些情况下也可表示地理对象,如:河流、道路等;

- 面:面描述二维对象的形状,常常单独或与其它对象组合表示地理对象,在 GIS 中通常用多边形建模表示,它是地图的重要组成部分(在 SVG 规范中是由若干个顶点组成的边界来表示),也是占用存储空间和处理时间最多的对象,特别是当面临图形的剪裁时,处理起来较麻烦;

- 几何体集合:几何体集合表示各种复杂的形状,比如一群岛屿等。它有多点、多线、多面三种类型。

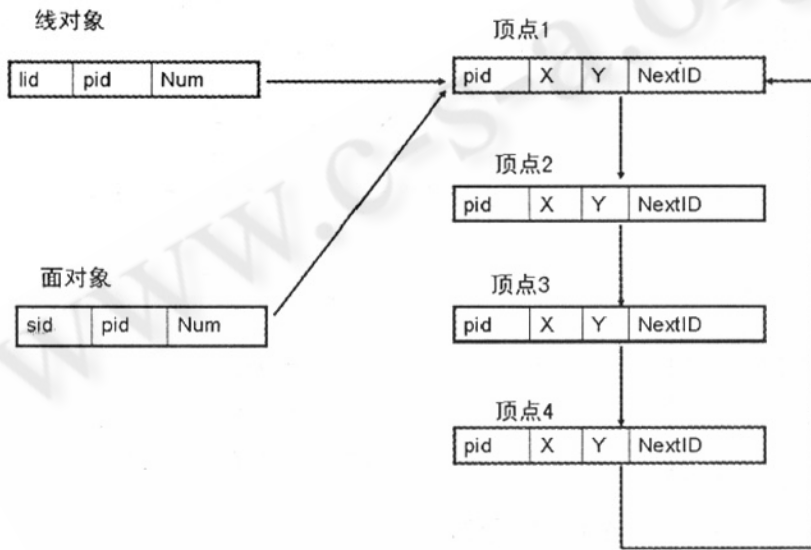


图 1 描述一个由四个顶点组成的面以及面边界的数据结构

以上是典型的空数据类型。SVG 提供了丰富的显示对象,包括直线(line)、路径(path)、圆(circle)、图标(symbol)、文字(text)、图像(image)等。这些图形对象可以显示点、线、面、几何体集合描述的空间数据模型。由于 SVG 不仅可以显示矢量图形还可以显示栅格地图图像和文本,为了能更好地使用它的这些显示特性,在原先典型的空数据类型的基础上,又引入了以下的附加类型:

- 文本:又称文字标注,它在地图中主要起注释说明的作用,它的存在往往依附于其它的地理对象;

- 图像:它以栅格图形式存在,一方面它可以表达空数据如地图、卫星照片等;另一方面它可以对象贴图的方式在地图中起到了局部地图辅助说明、标注

以及可视化效果的作用。在显示模型中,它以外部链接的方式链入;

- 符号:符号是 GIS 中定义的特殊标识图标,它既可以是栅格图也可以是矢量图,在显示模型中,它以外部链接的方式链入。

- 属性信息:它表示显示对象的非空间属性,例如一个区域的面积,人口等。它在基于对象的逻辑模型中以一个单独对象存在;而在实际的显示模型中,它则作为显示图栅格图或矢量图对象的一个属性或附加自定义属性存在。

其中图像、符号类型的数据通常以文件形式存在,以链接的方式加入 SVG 图形中;文本、属性信息通常存储在数据库中,显示时直接作为 SVG 图形中显示对象或者显示对象的属性;而点、线、面的存储则要复杂一些。由于组成以上三个对象的基本元素是点,所以对它们的存储管理也就变成了对点坐标序列的存储管理。

点对象包括:pid,点标识,唯一标识该点;x,顶点 X 值;y,顶点 Y 值;NextID,如果该点同时作为线对象或面对象的一个顶点,则该值表示下一个顶点标识。

线对象包括:lid,线标识,唯一标识该线;pid,线对象的第一个

点对象标识;Num,拥有的顶点数目。

面对象包括:sid,面标识,唯一标识该面;pid,面对象的第一个点对象标识;Num,拥有的顶点数目。

几何体集合对象则是上述三个对象的组合。

3.2 SVG 显示

正如前文所提到的,SVG 中定义了线、面、文本以及外部链接图片等对象,可以通过这些对象的组合来显示由逻辑模型所定义的地图对象,每一个对象的都可以用一个 ID 来标识访问。除此之外,由于 SVG 基于 XML 技术,支持对象的其它属性和用户的自定义属性。例如,可以为空间线对象河流指定线宽(width)的属性值或者增加一个表示长度的自定义属性,这些属性的值则来自于逻辑模型中的属性信息对象。这样就很好

同时某些情况下也可表示地理对象,如:河流、道路等;

- 面:面描述二维对象的形状,常常单独或与其它对象组合表示地理对象,在 GIS 中通常用多边形建模表示,它是地图的重要组成部分(在 SVG 规范中是由若干个顶点组成的边界来表示),也是占用存储空间和处理时间最多的对象,特别是当面临图形的剪裁时,处理起来较麻烦;

- 几何体集合:几何体集合表示各种复杂的形状,比如一群岛屿等。它有多点、多线、多面三种类型。

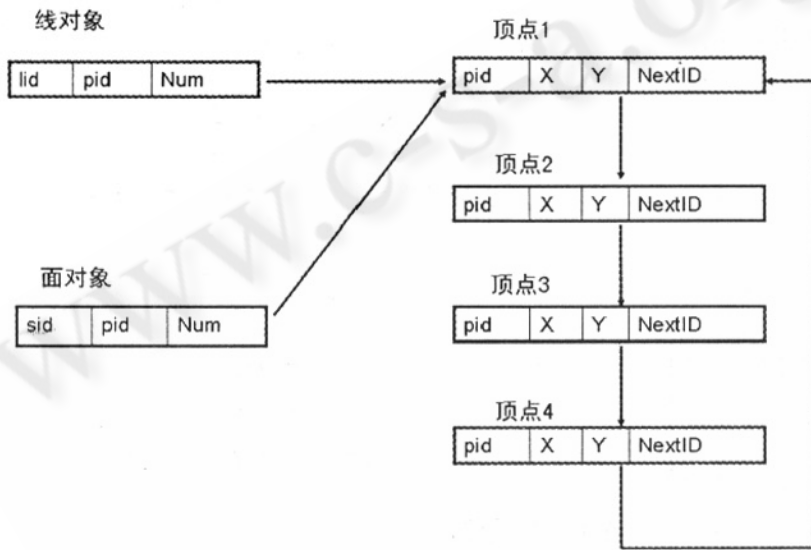


图 1 描述一个由四个顶点组成的面以及面边界的数据结构

以上是典型的空数据类型。SVG 提供了丰富的显示对象,包括直线(line)、路径(path)、圆(circle)、图标(symbol)、文字(text)、图像(image)等。这些图形对象可以显示点、线、面、几何体集合描述的空间数据模型。由于 SVG 不仅可以显示矢量图形还可以显示栅格地图图像和文本,为了能更好地使用它的这些显示特性,在原先典型的空数据类型的基础上,又引入了以下的附加类型:

- 文本:又称文字标注,它在地图中主要起注释说明的作用,它的存在往往依附于其它的地理对象;

- 图像:它以栅格图形式存在,一方面它可以表达空间数据如地图、卫星照片等;另一方面它可以对象贴图的方式在地图中起到了局部地图辅助说明、标注

以及可视化效果的作用。在显示模型中,它以外部链接的方式链入;

- 符号:符号是 GIS 中定义的特殊标识图标,它既可以是栅格图也可以是矢量图,在显示模型中,它以外部链接的方式链入。

- 属性信息:它表示显示对象的非空间属性,例如一个区域的面积,人口等。它在基于对象的逻辑模型中以一个单独对象存在;而在实际的显示模型中,它则作为显示图栅格图或矢量图对象的一个属性或附加自定义属性存在。

其中图像、符号类型的数据通常以文件形式存在,以链接的方式加入 SVG 图形中;文本、属性信息通常存储在数据库中,显示时直接作为 SVG 图形中显示对象或者显示对象的属性;而点、线、面的存储则要复杂一些。由于组成以上三个对象的基本元素是点,所以对它们的存储管理也就变成了对点坐标序列的存储管理。

点对象包括: `pid`, 点标识, 唯一标识该点; `x`, 顶点 X 值; `y`, 顶点 Y 值; `NextID`, 如果该点同时作为线对象或面对象的一个顶点, 则该值表示下一个顶点标识。

线对象包括: `lid`, 线标识, 唯一标识该线; `pid`, 线对象的第一个

点对象标识; `Num`, 拥有的顶点数目。

面对象包括: `sid`, 面标识, 唯一标识该面; `pid`, 面对象的第一个点对象标识; `Num`, 拥有的顶点数目。

几何体集合对象则是上述三个对象的组合。

3.2 SVG 显示

正如前文所提到的,SVG 中定义了线、面、文本以及外部链接图片等对象,可以通过这些对象的组合来显示由逻辑模型所定义的地图对象,每一个对象的都可以用一个 ID 来标识访问。除此之外,由于 SVG 基于 XML 技术,支持对象的其它属性和用户的自定义属性。例如,可以为空间线对象河流指定线宽(`width`)的属性值或者增加一个表示长度的自定义属性,这些属性的值则来自于逻辑模型中的属性信息对象。这样就很好

地将地理信息中的空间信息和非空间信息进行了集成。

SVG 图形是由若干对象组成的集合。一个 SVG 显示的对象(如点、线、面等)可以包含若干不等的相关属性,这些属性的值来自上面讨论的 GIS 扩展逻辑模型所定义的对象类型。这些属性可以分为三类:

- 基本属性:包括显示对象的类型,如点、线、面、图像等,还有对象的显示标识 ID;
- 扩展属性:包括显示对象的空间数据,如点坐标、线段上各顶点的坐标,面上各顶点的坐标等,还包括非空间数据,如图像的外部链接路径、线的宽、面的填充色等;
- 自定义属性:包括用户为了显示查询方便,定义的一些与显示对象相关的属性,如显示对象的名称、外接矩形等信息。

例如要在 SVG 中显示一个区域对象(不规则多边形),需要用到下列属性:

表 1 SVG 显示对象中的属性

属性名称		描述说明
基本属性	ID	对象在集合中的标识
	对象类型	主要指,点、线、面等在上文提到的逻辑模型中定义的类型
扩展属性	顶点坐标	该对象的顶点位置坐标信息集合,是一个由多个点组成的序列
	边界色	对象边界的颜色
	边界宽	边界线的粗细值
	填充颜色	多边形区域内的填充颜色
自定义属性	外接矩形	对象区域的上下左右边界
	顶点数目	对象中包含的顶点数目
	显示方式	表示该对象直接以内部显示对象的方式显示还是以外部链接的方式链入显示
	对象名称	表示该对象在地图上显示的标注或名称

将逻辑模型中定义存储的数据,转换成 SVG 的显示模型就可以生成并显示地图。可见,生成 SVG 地图的过程就是将 GIS 数据的逻辑模型对象映射成 SVG 物理显示模型的过程对象。

设逻辑模型对象表示为 $L(a_1, a_2, a_3 \dots)$

$a_1, a_2, a_3 \dots$ 分别表示为该对象的各个属性如,对象类型, ID, 顶点坐标等;

设 SVG 显示模型对象表示为 $S(b_1, b_2, b_3)$

b_1, b_2, b_3 分别表示为该对象的基本属性集合、扩展属性集合、自定义属性集合

映射 $f: L(a_1, a_2, a_3 \dots) \rightarrow S(b_1, b_2, b_3)$

4 WebGIS 原型系统的设计与实现

原型系统主要由以下几个部分组成:

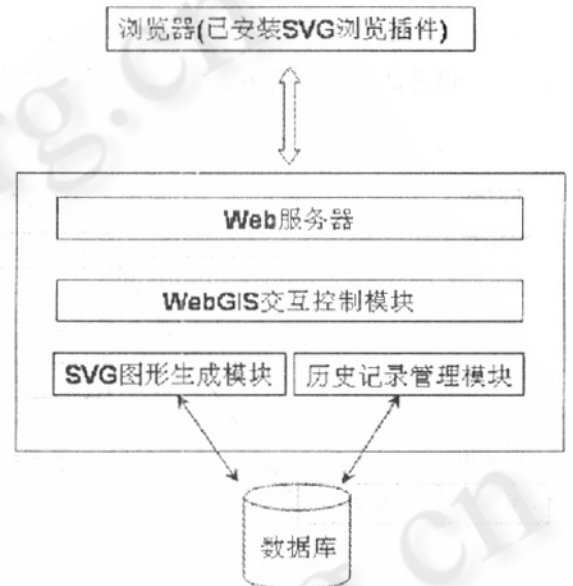


图 2 WebGIS 原型系统的组成

4.1 交互控制模块

空间数据请求与响应的过程,首先以 XMLHTTP 方式(HTTP 协议)发送请求参数,服务器端接收请求,根据参数进行相应的处理,服务器从数据库取出显示区域的数据,生成符合屏幕显示精度的 SVG 图形文件。服务器端发出响应,客户端接收响应,利用 SVGDOM 接口更新本地的地图显示或者相关数据。

交互分为三种方式:全部刷新方式、部分刷新方式和无刷新方式。全部刷新方式指在服务器上生成所有地图数据,在客户端全部更新,通常用于首次载入数据和显示大块数据;部分刷新方式指在服务器上生成部分地图数据,在客户端通过脚本动态地部分更新,通常用于载入更新数据,比如放大时载入更高精度的空间数据;无刷新方式,指不刷新客户端的数据,仍然使用原来客户端的 SVG 数据。

交互控制模块根据历史记录管理模块提供的数据来决定采用何种交互方式。

具体的交互控制策略流程是:

(1) 判断请求的显示对象,是否已被请求过,如果未被请求过则进入(3);否则进入(2)

(2) 判断已请求的显示对象的精度是否高与当前请求的数据精度,如果高于或等于则进入(4) 否则进入(3)

(3) 生成符合显示精度要求的数据;

(4) 循环读取下一个请求对象,进入(1);若无下一个请求对象则进入(5)。

(5) 生成响应参数,并返回。

4.2 SVG 图形生成模块

该模块实现地图数据的生成,根据请求参数(显示区域,屏幕比例尺),从数据库中取出涉及到的地物对象,转换成 SVG 显示图形文件,并返回参数。

空间数据的主要请求参数如下:

- 请求的显示区域。要请求的显示矩形的边界(Xmin,Xmax, Ymin, Ymax),根据它可以确定要显示的地物对象;

- 请求的屏幕比例尺(Scale)。要请求的地图的缩放比例,根据它可以确定生成的相关数据的精度;

空间数据的主要返回参数如下:

- 更新方式:指采用全部刷新、部分刷新方式或无刷新方式;

- URL 地址:指生成 SVG 图形文件的链接地址,浏览器利用这些参数更新本地的图形显示;如果返回的参数是 NULL(对应无刷新方式),则说明未生成新的文件,本地仍使用原来的 SVG 图形。

4.3 历史记录管理模块

该模块记录同一次会话中用户对地图空间数据的所有请求,为交互控制模块提供历史数据作为决策依据。

历史记录的主要结构如下:

Layer:地物对象所在的层;

ID:地物对象的 ID;

Scale:地物对象的屏幕比例尺(数据精度)

4.4 数据库

采用成熟的关系型数据库作为 GIS 数据库,按照

GIS 地物对象的逻辑模型来存储关系数据,并将整个空间数据划分为若干网格区域,并建立网格索引。

5 结束语

本文利用 SVG 矢量图形作为前台显示,根据 SVG 的显示模型,提出了支持矢量栅格一体化数据的 GIS 扩展逻辑数据模型,改变了以往 WebGIS 系统大多以栅格图来显示的模式,提供了高质量的图形显示,在此基础上设计了 WebGIS 中客户端与服务器的交互,从而形成了一个基本的原型系统。可以预见,SVG 作为一种良好的网络图形格式必将在 WebGIS 的普及应用中发挥更广泛深远的作用。

参考文献

- 1 Shashi Shekhar. Sanjay Chawla. 《Spatial Databases : A Tour》[M], 机械工业出版社, 2004 年.
- 2 邹伦.《地理信息系统——原理、方法和应用》[M], 科学出版社, 2001 年.
- 3 宋关福等, “WebGIS —— 基于 Internet 的地理信息系统”[J], 中国图像图形学报, 1998 年第 3 期.
- 4 杨笙贝, 《以 XML 为基础之 WebGIS 研究——以 SVG 为例》[D], 国立中山大学硕士论文, 2003 年 7 月.
- 5 W3C. “Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 Specification”[S]. 14 January 2003.
- 6 李慕华, 《分布式 WebGIS 构件化的研究和实现》[D], 北京大学硕士研究生学位论文, 2000 年 5 月.
- 7 吴立新、史文中, 《地理信息系统原理与算法》[M], 科学出版社, 2003 年 10 月.
- 8 黄杏元、马劲松、汤勤, 《地理信息系统概论》(修订版)[M], 高等教育出版社, 2002 年 8 月.
- 9 董明旭、陈万年、段佳, “基于 WebGIS 的多媒体电子地图信息系统设计与实现”[J], 地理空间信息, 2004 年 10 月 VOL. 2 NO. 5.
- 10 钱程扬、龙毅、柳青、张亮, “电子地图的数据结构与模型”[J], 现代测绘 2005 年 8 月 VOL. 28 NO. 4.