

基于特征数据的 VRML 建模在 Web GIS 中的应用

陈江平¹ 傅仲良¹ 边馥苓¹ 沙宗尧¹

(1 武汉大学空间信息与数字工程中心, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘 要: 提出了采用特征数据进行 VRML 建模的方法解决 Web GIS 的瓶颈问题——巨大的空间数据与有限的网络带宽之间的矛盾。

关键词: 虚拟现实; GIS; 特征数据建模; Web GIS

中图法分类号: P208

GIS 是将区域地图和数据库记录有效地结合起来, 在数字化的地图上显示与位置信息和建筑物相关的数据库记录。增加 VR 技术以后的 GIS 可以根据用户选择显示相应的三维虚拟实体并进行三维漫游。这种将电子地图、数据库记录和虚拟现实技术结合起来的技术完全改变了传统的图示方式, 使电子地图比传统的纸质地图具有更强的功能和更大的应用范围。将 Web 技术应用于 GIS, 可以在更广的范围甚至全世界内将一个城市区域或专业领域的地理信息进行发布。

目前, VR 技术已广泛应用于 Web GIS 中, 采用 VRML 文件存储三维场景已广泛应用于 Web GIS 中场景的三维显示、浏览、漫游。许多著名公司已开发出很多 Web GIS 产品。最近 Bentley 公司和 MapInfo 公司又相继推出了 ModelServer/Discovery 和 MapX Site, 其中 Bentley 公司新推出的 ModelServer/Discovery 支持 VRML 文件格式。VRML 文件以参数的形式(节点)存储三维场景, 保存场景模型位置之间的相对参数, 这样减少了很多点的存储, 而且采取由 IBM、Apple 和 Paragih 提出的一种二进制文件格式存储, 其平均压缩比为 5:1, 所以 VRML 文件比其他格式的三维场景文件要小得多, 适合在网络上传输。在支持 VRML 的 Web GIS 产品中, VRML 只是作为数据的一种建模方式, 服务器端将场景建模好的 VRML 文件传给客户端供给用户进行三维浏览、漫游。VRML 文件由服务器分析、计算得出的结果数据生成, 然后通过网络传给客户端的用户。

在一个标准的 56K 调制解调器上, 以平均的网络流量下载一个 100K 的 VRML 文件需要 40s, 还需要额外加上下载纹理贴图的时间; 一个复杂的三维场景必须分成许多 100K 大小的 VRML 文件, 网络传输时间很长。为了进一步减少网络传输时间, 针对三维场景漫游时重叠较多、前后场景往往部分变化的特点, 本文采用基于特征数据的 VRML 建模, 由服务器端传输场景或场景变化部分的特征数据的 VRML 文件给客户端, 然后在客户端进行浏览, 从而减少 VRML 文件的数据量及传输时间。

1 基于特征数据的 VRML 建模在 Web GIS 中的实现

基于特征数据的建模技术产生于 20 世纪 80 年代, 并在近年取得了迅速的发展, 广泛应用于 CAD/CAM 建模中。它抽取表达三维场景的几何结构和位置信息的特征数据进行建模。VR 在 Web GIS 中主要用于在客户端对查询结果进行三维显示、浏览和漫游。在 Web GIS 中, 一般采用 LOD 技术来提高显示效率, 使用基于特征数据的 LOD 技术进行 DEM 格网的抽稀和模型的简化则更能提高显示的效率。

将特征数据建模技术应用于 VR-Web GIS 中(总体结构如图 1), 服务器端的 GIS 应用程序输出形成三维场景的数据文件, 采用 LOD 技术输出各个精细级别的特征数据, 其格式较其他 Web

GIS 系统保持不变,但数据量减小了,然后将特征数据在 VRML 生成模块中形成 VRML 文件。特

征数据由 GIS 应用程序输出,包括模型的名称、ID 号、功能、显示方式等信息。

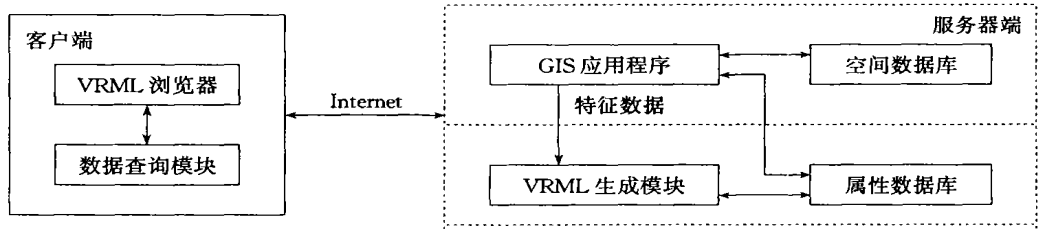


图 1 VR-Web GIS 总体结构

Fig. 1 Framework of VR-Web GIS

1.1 客户端

客户端完成提交客户的查询要求并显示结果。数据查询模块以 CGI 或 ASP 方式编程实现,在观察时支持用户的交互,用户可以对三维场景中的实体进行查询、修改文字信息等操作;VRML 浏览器是由 Web 浏览器加 VRML 插件组成,主要用于观察 VRML 世界。由于采用了 VR 技术,所以客户端必须安装相应的 VRML 插件才能浏览结果数据。

1.2 GIS 应用程序

GIS 应用程序根据用户的要求,从空间数据库中提取相应的数据(如弧段由哪些点组成,这些点的坐标值等)进行计算、分析,得出用户所要求的三维场景的特征数据。例如,一条最短路径由哪些弧段组成,组成这些弧段的点的坐标值,VR 世界的边界坐标,各个实体模型的位置、材质、纹理信息,并结合观察者的视点位置选择相应的模型精细级别以及其他的相关信息直接传给 VRML 生成模块。

VR-Web GIS 主要完成对地形数据的高分辨率动态显示,常常要达到每秒 15 帧以上,计算一帧显示一帧。要保持与具有如此巨大、复杂的数据库实时的交互,必须采用独特的数据结构和算法,否则就会超过硬件的处理能力。降低地形网格曲面的复杂程度基于距观察者的距离、与视线相交的角度、地形的起伏程度 3 个标准。对于远距离实体,需要简化地形模型,而随着视点靠近物体,需要相应增加实体的复杂性。减少复杂地形模型的数据量可通过对视窗外的部分进行裁剪、地形数据的多级层细节(LOD)来实现。LOD 技术通过将地形模型组织成一个层级式的二叉树结构来提高运算速度。该二叉树的最高结构层节点代表整个数据库所表示的区域,其每个结点表示上一级节点的 1/4 区域。在该 1/4 区域中,按最大、最小值进行特征数据的抽取,即将该区域按精

细的级别进一步分成小区域,每个小区域只取最大和最小值的点,其他点省略,这样可最大限度地用最少的点保证地形的特征。如果简单地按平均距离进行特征点的抽取,有可能丢失一些关键的地形拐点。二叉树中每一个可视结点数据由图形分辨率来确定。某一区域距离观察点越远,或者地形越平坦,其渲染所需的分辨率就越低。若用户的视线与某一区域的斜坡正交,高低分辨率模型的渲染效果相同,这样可减少需要渲染多边形的数量。

材质也可用于二叉树的各个结点。确定材质分辨率的准则是距视点的距离及视线的角度。距视点越远,地形网络中的多边形在屏幕上所占的像素也越少,大面积采用低分辨率的材质,可减少缓冲区占用的渲染时间,但当分辨率不同的相邻两层切换时,会产生跳跃现象。因此,还需采用 Morphing 方法来平滑相邻的级层,使其自然过渡。

图 2、图 3 分别是当观察者距离视点 50m 和 1m 的场景。

1.3 空间数据库

空间数据库为 GIS 应用程序提供原始的空间数据,包括点的坐标值、线(组成线的点的坐标值)、面(组成面的线的点的坐标值)、体(组成体的面的线的点的坐标值)及其之间的关系等。

在数据库中,由于定义了规则和值域等,数据的录入和编辑都可以进行智能化的合法性校验,从而避免了数据的不一致性。对象与对象之间的关系可以被定义。一个空间要素可被描述或定义,即如果与其相关的其他空间要素被移动、修改或删除时,它就会相应反映出所受到的影响。

为便于管理和开发地理信息(空间信息和属性信息),在建库时是分层处理的。也就是说,根据数据的性质分类,性质相同或相近的归并一起,形成一个数据层。GIS 应用程序从空间数据库中读取数据进行分析,得到三维场景的特征数据。



图2 距离视点50m的场景图

Fig. 2 Scene Graph 50m away from the View Point

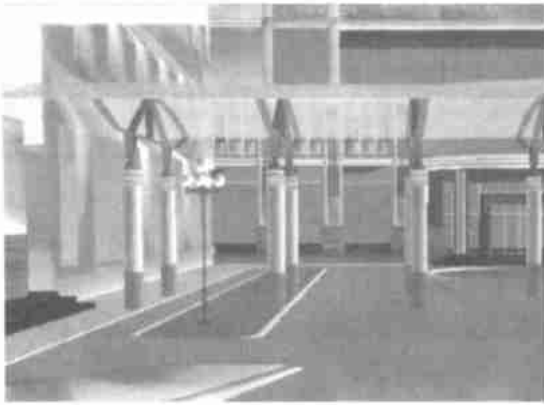


图3 距离视点1m的场景图

Fig. 3 Scene Graph 1m away from the View Point

1.4 属性数据库与VRML生成模块

属性数据库和VRML生成模块位于服务器端。VRML生成模块的功能主要是采用API程序将特征数据生成对应的VRML文件,然后利用VRML浏览器进行观察。属性数据库存储相应地物要素的属性数据,供用户查询。

将特征建模技术应用于VR-Web GIS中,为GIS应用程序和VRML三维显示提供了一座桥梁,客户端用户以熟悉的方式利用服务器端的GIS应用程序对三维场景进行查询、拓扑分析,然后输出场景建模的特征数据并快速地在客户端得到三维场景模型,最后在客户端进行漫游、浏览,缩短了Web GIS中客户端用户等待服务器端三维分析结果数据的网络传输时间。

2 VR-Web GIS中特征数据的描述与抽取

2.1 特征数据的描述

特征(Feature)是类的基本属性的描述,是一

组与模型描述相关的信息的集合,集合中元素必须符合其识别与分类规则。特征可被认为是一个独立的实体,并且在模型的生命周期中具有一定的功能。

一般地,特征集可定义为具有共同特点的一类属性的集合:

$$F ::= \{f_i | i \in N\}$$

其中, F 为特征集; f_i 是 F 中的一个个体; N 是整数集。

特征空间是由 N 个线性无关的特征集的笛卡尔积构成的。设 F_1, F_2, \dots, F_n 为特征,且 $\{(f_1, f_2, \dots, f_n) | f_1 \in F_1, f_2 \in F_2, \dots, f_n \in F_n\}$,则 $F_1 \times F_2 \times \dots \times F_n$ 为特征集的 N 维欧氏空间,因此,特征的建模系统的作用域就是特征空间,模型的结构是由特征空间内的若干向量组成的。

2.2 特征数据的抽取

下面以一个DEM格网的抽稀和一个地物要素的模型简化的特征数据为例,说明GIS应用程序输出的基于特征的地学可视化模型的概念及操作。

DEM特征点抽稀算法如下:

- 1) 读入DEM坐标点矩阵 A ;
- 2) 保留4个边角点;
- 3) 确定关键特征点:

{

按显示精细级别的要求,将DEM划分成 $4n$ 个区域,在每个区域中选取最大最小值作为关键特征点,

};

- 4) for (int $i=0$; $i \leq A$ 的行数-1)

{

遍历矩阵 A ,若该行有关键点,则与边角点或上一次遍历有关键点的行构成矩形

};

- 5) 从关键点出发,连接每个矩形的对角线。

这样构造了一个边界是矩形的三角网,经过比较,这种方法构造的DEM比同等结点数按格网构造的DEM更真实,对关键地形拐点的省略要少一些。

地物要素特征的抽取即模型的简化算法:

```
class CFeature::public CObject
```

```
{
```

```
public:
```

```
    CString m_sFeatureName; //特征名
```

```
    UINT m_nFeatureID; //特征标识
```

```
    BooleanSetOperator m_BooleanSetOperator; //布尔运算符(union, intersect, subtract 或 null)
```

```

CObject *m pB-Rep; //地物要素的边界模型表示
CTypedPtrList< CObject, CObject *> m-ParentFeatureList; //父特征列表
CTypedPtrList< CObList, CObject *> m-ChildFeatureList; //子特征列表
... //其他信息
public:
    virtual bool GenerateB-RepO=0; //生成地物要素的边界模型表示
    特征要素与 m pPartB-Rep 指定的实体进行 m-BooleanSetOperator 指定的拼合操作
    bool BoleanSet(CObject *m pPartB-Rep);
private:
    //布尔算子
    ...
};

```

地物要素由特征模型一个个拼接而成。对“地物要素”的各个特征进行实例化, 就可以得到“地物要素”的特征对象模型。利用特征可对特征模型定义统一的操作和管理。例如, 对于“地物要素”的特征模型可以对其显示操作定义如下:

```

地物要素: 显示
{
    依据高度和形状特性完成建筑的造型, 显示某个 LOD 级别的特征数据模型;
    依据结构特征对模型进行纹理处理;
}

```

另外, 如果对多个特征进行联合或聚合就可以形成新的特征。如将多个建筑的实例进行联合就可以构成“建筑群”的特征, 而将“建筑”、“道路”等特征聚合就可以构成城区的特征。

```

建筑群: Association 建筑
{ 附加特征;
};

```

```

城区: Aggregation 建筑, Aggregation 道路
{ 附加特征;
}

```

若某些场景的重叠较多, 在实际的应用系统中还可根据情况取变化的部分为特征数据。这样即可将 Web GIS 在网络传输空间数据的问题转化为 MIS 中的属性数据的传输。

3 结 语

随着 VR 技术、Web 技术和 GIS 技术以及数据库技术的不断发展, 它们之间的结合趋势也越来越明显。GeoVRML 使得 VRML 语言不再只能描述简单的三维物体, 增加了对复杂地理表面的建模。Web GIS 使 GIS 应用走向公众, 通过网络可以将空间信息传至千家万户。Web GIS 产品中的 ModelServer/Discovery 支持 VR 网络数据格式。而在 Oracle8.0 中增加了对空间数据的操作, 如果能用数据库技术对 VRML 格式的文件数据进行管理、存储、操作, 则能使 GIS 应用系统在 Web 上对用户的反应速度更快。

参 考 文 献

- 1 汪成为, 高文, 王行仁. 灵境(虚拟现实)技术的理论、实现及应用. 北京: 清华大学出版社, 1996
- 2 邬伦, 刘瑜, 张晶, 等. 地理信息系统——原理、方法和应用. 北京: 科学出版社, 2001
- 3 吴信才, 白玉琪, 郭玲玲. 地理信息系统(GIS)发展现状及展望. 计算机工程与应用, 2000(4): 8~9

作者简介: 陈江平, 博士生。现从事三维 GIS 研究。
E-mail: chen.lisa@sohu.com

Application of Feature Modeling to VR Web GIS

CHEN Jiangping¹ FU Zhongliang¹ BIAN Fuling¹ SHA Zongyao¹

(1 Center of Spatial Information and Digital Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan, China 430079)

Abstract: This paper introduces a new way of modeling using feature data in VRML to solve the key problem which is the conflict between the huge spatial data and limited net bandwidth.

VRML is the tool for creating three dimensional virtual experience on the world wide web. VRML is designed as a common file format to allow anyone browsing the web to view three-dimensional. It is written in plain text and hence can be created using a simple text editor. Using VRML in Web GIS has been developed in many commercial GIS software.

The modeling technology based on feature data was generated in 1980s and developed very quickly. The feature data of the geometry and place information of three dimensional scene are used in it.

A structure of VR-Web GIS based on feature data modeling is provided. This paper details in how to realized the system. In the system the method of feature data modeling is used in two fields: ① reduce the point of DEM to lessen the data of DEM; ② predigest the object model of the three dimensional scene.

Lastly, two algorithms are discussed.

Key words: virtual reality; GIS; feature data modeling; Web GIS

About the author: CHEN Jiangping, Ph.D candidate. She is engaged in 3D GIS.

E-mail: chen.lisa@sohu.com

(上接第 521 页)

ship function is designed to transform the intensity domain to the fuzzy domain. In addition, it is not always necessary that the fuzzy membership of a crossover point must be equal to 0.5 in our method. This technique can not only highlight the interested object according to one's requirements and the feature of image but also make the blur edge of object clearer. The experiments show that the results are satisfactory.

Key words: remote sensing image; fuzzy set; membership function; image enhancement

About the author: XIONG Xinghua, Ph. D candidate, associate professor. His research areas include remote sensing image analysis and the application of genetic algorithm in photogrammetry and remote sensing. His typical achievements are: wavelet and line moment based algorithm for matching real aperture radar image with TM image; a remote sensing image subpixel matching combined genetic algorithm with least square matching, etc.

E-mail: xxh65@hotmail.com