

VRML 在三维动态交互地图可视化中的实践

王全科 刘岳

(中国科学院地理所,北京 100101)

摘要 针对三维动态交互地图的可视化问题,探讨了 VRML 的技术特点及其在解决三维动态交互地图可视化问题中的应用潜力和存在的问题,并采用 Visual C++ 与 VRML 2.0 相结合进行了三维动态交互地图可视化的初步实践,取得了成功的应用.该工作主要集中在(1)通过北京门头沟地区地形的可视化,探索了 VRML 表达较大数据量数字地形的能力;(2)开发了三维动态交互地图可视化的原型系统,并在北京人口变化可视化中进行了应用.

关键词 VRML 三维动态交互地图 可视化

中图法分类号:P285.9-39 TP391.9 文献标识码:B 文章编号:1006-8961(2001)03-0291-05

Practices of 3D Dynamic Interactive Cartographic Visualization Based on VRML

WANG Quan-ke, LIU Yue

(Institute of Geography, CAS, Beijing 100101)

Abstract 3D dynamic interactive visualization via Internet becomes the main trend of modern cartography along with the fast development of WWW and Virtual Reality Modeling Language (VRML) which can run in Internet, Intranet and local system. This paper studies on the technical characteristics of VRML and explores the potential of its application to modern cartography. The conceptual approach and prototypical practices have been researched with the combination of Visual C++. The main works are focused on (1) the experiment of large data volume of 3D terrain of Beijing area by VRML 2.0; (2) developing a prototype system of 3D dynamic interactive visualization, and applying it to the visualization of Beijing population change. These applications are successful. The experiences in the practices show that VRML 2.0 is limited for interactive dynamic visualization of geo-applications. Furthermore, the capabilities of browsers and plug-ins influence the display of VRML applications and have to be more standardized.

Keywords VRML 3D dynamic interactive cartography, Visualization

0 引言

VRML (Virtual Reality Modeling Language), 即虚拟现实模型化语言, 是一种三维场景描述语言, 可以在 Internet、Intranet 以及本地机系统中, 并且正在成为通用的三维图形和多媒体交换格式^[1]. 由于 VRML 2.0 提供了 54 个功能强大的节点, 从而使创建一个三维动态交互环境变得轻而易举. VRML 技术的出现和日趋成熟, 为现代地图学提供了新的技术手段, 有可能使现代地图学的发展迈上一个新的台阶. 本文重点在于探讨 VRML 在地图可视化中的

应用潜力, 并将 VC++ 与 VRML 2.0 相结合作了一些尝试性工作.

1 VRML 技术与三维动态地图表达

三维动态地理现象的地图表达, 尤其是动态交互的地图可视化, 一直是地图学家追求的目标. 长期以来, 这一工作只限于静态的纸介质地图或视频录像, 谈不上交互性; 虽然三维动态地理现象的表达可通过编程语言, 如 VC++、VB 等来实现, 但以此为基础来开发一个三维动态交互地图可视化系统则由于技术含量比较高, 因此对大多数制图工作者来说, 并

非易事. VRML 技术的出现使三维动态地图可视化得到了新的技术支持, 因为 VRML 是一种三维场景描述语言, 可在 Internet 浏览工具中方便地构造和观察三维动态世界, 且概念直观, 从而为现代地图学的三维、动态和 Internet 化发展带来了新的机遇.

VRML 2.0 的主要技术特点及其在地图学中的应用潜力可以归纳为以下几点:

(1) VRML 提供了动作感应器(如 TouchSensor)类型的节点, 它可感知用户的动作, 从而实现了用户与三维目标的交互. 此外, VRML 还支持多种脚本语言及 JAVA 语言, 其自身的脚本语言 VRMLScript 也简单易学, 且可独立实现用户与三维场景之间的交互, 这对于地图认知, 具有重要的意义.

(2) VRML 可将三维场景与文本、图象、声音和视频等多媒体信息集成, 并可实现各种信息之间的超链接(hyperlink). 若将多媒体信息与地学空间信息以超链接的方式集成, 则可充分调动用户的感官功能和提高信息传输效率.

(3) 由于 VRML 2.0 提供了方向、位置、坐标、色彩等插值器、时间感应器(TimeSensor)和 LOD 节点等工具, 因此将其联合应用可以模拟三维动态变化的空间现象, 其中, LOD 节点可以根据定义随视点与空间目标间的距离变化来自动调用和显示不同详细程度的空间目标版本, 因而对于三维地图综合和显示具有重要的意义.

(4) VRML 构造的三维场景需要在 Web 浏览器插件或三维图形阅读器, 如与 Netscape Navigator 捆绑的 Live3D, SGI 的 Cosmo Player 等中进行观察, 本文采用了 Holger Grahn 公司的 GLView 4.0. 这些工具一般都提供了强大的交互功能, 如设置渲染方式、设置相机参数(旋转、移动、缩放等)、动画录制以及进退(Walk)等漫游功能. 这样, 三维场景的制作者就可集中精力创作, 只需关心其最关键的交互方式, 如时间驱动、节点间的通信等, 而浏览操作中的强大功能则由插件来实现.

图 1 为基于 VRML 的三维动态系统的一般软件框架, 图中外部创作界面(External Authoring Interface, EAI)^[2]可以通过 JAVA Applet 程序与 VRML 场景进行交互, 还可以通过增强普通 VRML 插件的功能, 来实现 VRML 与外部程序的通信. 图中的原型节点指的是 VRML 本身定义的用以实际中组合构造三维场景的节点.

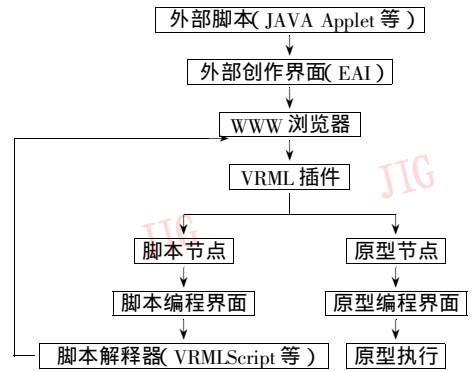


图 1 VRML 三维动态表达的一般软件框架

2 三维动态交互地图可视化实践

如前文所述, 由于 VRML 功能十分强大, 因此本文以此为基础, 从动态地图表达的角度进行了试验研究, 其工作重点主要集中在 VRML 数字地形表达和三维动态地图表达, 均取得了令人满意的结果.

2.1 三维地形表达

因为数字地形是三维地图可视化的基础, 所以本工作首先尝试采用 VRML 来表达三维数字地形, 这一方面的工作虽然可在 Internet 上检索到国外的研究成果^[3], 但数据量都较小, 本文选择的实验地区为北京门头沟区, 其 USGS DEM 数据为 271 行 × 365 列, 格网尺寸(分辨率)为 200m × 200m, 数据量较大.

本实验所采用的主要节点为: 方向光照(DirectionalLight)、材质(Material)和仰角格(ElevationGrid)等, 其中, DirectionalLight 节点用于定义光源的方向和由此光源影响的所有物体的颜色; Material 节点用来定义对象的基本亮度和受照射光影响的对象颜色; ElevationGrid 节点则用于存储格网点的高程、 x 和 y 方向的点数以及点间的距离, 且本节点很适合 GRID DEM 数据的表达. 对于 TIN 数据可用 VRML 提供的另一个节点 IndexedFacedSet 来构造, 此节点可以定义各种形状的具有平坦表面的小碎片, 这些形状是由按一定顺序连接的点所构成, 它可以构造任意形状的面及由面构成的空间目标. 由此可见, VRML 在数字地形的表达方面具有很强的能力.

以下 VRML 代码为运用仰角格节点的简单实例:

```

geometry ElevationGrid{ # 仰角格节点
  height[ 930.0 920.0 735.0 ... 855.0 ,
          900.0 805.0 885 ]# 高程值
  xDimension 365 # 定义行和列数
}
  
```

```

zDimension 271
xSpacing 200.0 # 定义行和列距
zSpacing 200.0
}

```

本实验中,VRML 文件的构造并非手工完成,而是在作者用 VC++ 开发的一个三维地图可视化系统中增加文件转换功能,将 USCS DEM 文件格式自动

输出为 VRML 文件,然后在 GLView 4.0 中观察,这样,用户就可以采用 GLView 中的工具来对数字地形进行交互观察.本实验中所采用的计算机平台为 P II 233、64M 内存、4M 显存、Windows NT 4.0,用户在交互操作过程中响应速度尚可.

图 2 即为北京门头沟区的 VRML 地形表达.

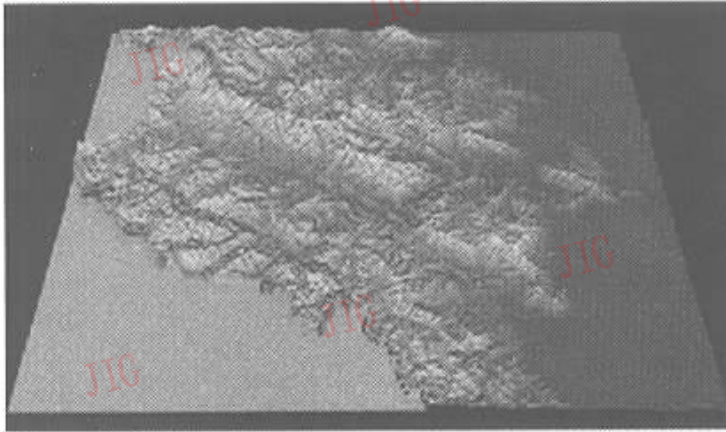


图 2 北京门头沟区的 VRML 地形

2.2 三维动态专题地图

除了连续的地形要素外,经济、社会和人口现象等也多具有统计面分布特点,其传统的二维表达则使用“分区统计图表法”,此方法以图表形式来表示制图对象在区域单元内的数量差异,且一般以图形面积或体积来表示制图对象各部门或各类型的数量和相对比例,这种图表的形式主要有线状、面状和立体图形,且这些图形的长度、面积和体积与制图对象的数值成正比.这种分区统计图表法的制图单元主要为行政区或其他分区单位.

与传统分区统计图法不同的是,本实验中采用的柱状立体图是一种不规则截面的挤压(Extrusion)体,图 3 即为一个不规则截面的挤压体示例.该不规则截面是指由北京行政区所构成的不

表达各区一些专题对象统计数量的差异,如人口、经济等指标,而随时间变化挤压体的高度则可用于表达各区上述统计量随时间的发展变化.

本文以北京各区自 1958 年到 1998 年的人口数据作为实验数据,并按每隔 10a 抽取的人口数据,作为北京地区各区人口变化的三维动态制图可视化的表达原型.表 1 即为所采用的 1958、1968、1978、1988 和 1998 年的人口数据.

表 1 实验采用的人口数据

单位:万人

区(县)	1958 年	1968 年	1978 年	1988 年	1998 年
怀柔	15.90	20.40	22.90	24.70	26.20
密云	26.60	34.00	37.70	41.50	42.50
延庆	16.60	21.20	24.70	25.70	26.90
昌平	25.10	33.30	37.40	40.10	41.90
平谷	23.00	28.90	32.10	37.00	38.90
顺义	34.30	42.80	47.00	50.10	53.70
门头沟	17.80	23.00	24.60	25.60	23.50
大兴	27.00	35.80	42.40	46.60	52.10
通县	39.80	47.00	52.50	56.10	59.60
房山	40.90	53.30	67.20	71.70	74.40
城区	364.80	442.00	461.20	582.10	651.80

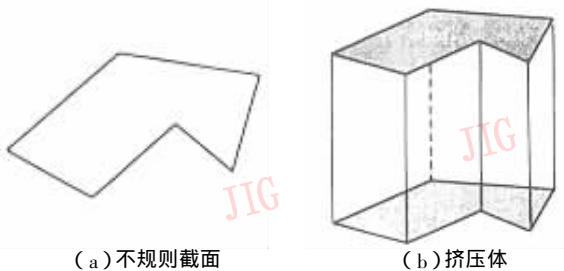


图 3 不规则截面挤压体

规则平面,一般挤压体沿垂直方向的高度可以用来

本原型的实现必须涉及到如下几个关键的映射:
(1) 统计指标值(人口)与挤压体高度之间的映

射,即通过确定统计数值与高度之间的比例关系,将专题数据转换成空间坐标数据。

(2)系统所表达的世界时间与观察时间的映射(时间比例尺),由于统计指标的变化一般按年或月计算,而观察时间一般是用秒来计算,所以必须将世界时间的总长度(年或月)映射为一个总的系统完成时间,如 20s、30s 等。本系统中采用 30s 来表达 40a 的时间。

(3)系统完成时间与长度的映射,主要用于时间图例的表达。

该原型的面状矢量行政区划数据,用作者自行开发的软件,自 ARC/INFO 数据库导入,在地图表达界面上,主要实现了随时间动态变化的三维地图、时间图例、检索结果显示并设置了两个交互控制按钮,用以启动和暂停时间地图。地图的观察可以通过阅读器所提供的工具交互进行,各区人口随时间的变化及其之间的对比关系,可以从三维地图中的不同角度观察到。

统计指标数据检索的一种方式是在 Web 页面中实现,即通过 VRML 与 JAVA Applet 之间的通信,采用文本方式实时地向用户传输,但因为 VRML 的发展是趋向于独立地构造三维场景,并实现各种交互功能,以达到真正的“虚拟现实”,所以这一方式不在本文的讨论范围之内。本实验是采用动作感应器来进行检索,并将结果实时显示,用户需作的工作仅是把鼠标移到相应的挤压体上即可,因而更接近人们的思维习惯。

本系统在实现上述功能时,采用了 VRML 中的动作感应器、时间感应器、坐标变换、坐标插值、脚本和路由(ROUTE)等功能^[4],其中路由指的是节点与节点之间通信的线路,当与动作感应器相结合时,即能使用户与场景的交互成为可能。系统主要的实现过程如下:

- (1) 用户通过动作感应器来通知脚本;
- (2) 脚本发出事件触发时间感应器;
- (3) 时间感应器驱动坐标插值;
- (4) 将坐标插值赋予各行政区和时间图例,使三维地图和时间图例动态变化

```

geometry DEF E11 Extrusion{ # 行政区挤压体
  crossSection[ ... ] # 不规则截面坐标
  spin[ 0 0 0 1 0 ] # 挤压体高度
}

```

- (5) 用户通过动作感应器来通知脚本;
- (6) 脚本发出事件停止时间感应器,从而停止

地图动画显示;

- (7) 通过动作感应器来获取三维地图的属性值;
- (8) 三维地图的属性值在脚本中进行处理;
- (9) 采用文本节点来实时显示属性值,从而实现属性的实时检索和显示。

除上述功能外,作者在用户动作上集成了声音,以增强用户对所进行操作的体验。在 VRML 世界中集成声音、电影和 WWW 资源都是很简单的工作,只需预先定义好声音节点,然后用用户的动作来驱动即可,下面为一个集成声音的实例:

```

Sound{ # 定义声音节点
  Source DEF audio AudioClip{url "start.wav" }
  # 所要播放的音乐片段
}
ROUTE TS1.touchTime TO audio.startTime # 路由实现用户动作驱动声音

```

对基于 VRML 的三维动态交互可视化系统,作者构造了如图 4 所示的功能框架,图版 I 图 1 为系统的初始界面,图版 I 图 2 为系统动画的一个中间过程和显示的检索结果。

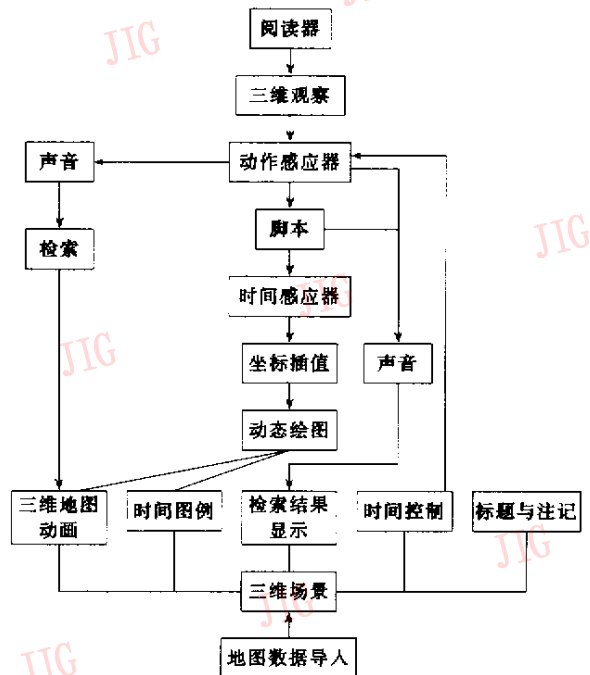


图4 三维动态可视化系统原型的功能框架

2.3 评价与讨论

本文以北京地区地形和人口变化为例进行了基于 VRML 的三维动态交互地图可视化探索,完成了地图数据(主要为数字地形和行政区划)的导入,开发了三维动态交互地图可视化原型,实现了三维动态地图显示、时间图例、属性检索与显示、时间控制

器以及标题与注记等功能,可在以后的应用中导入其他专题数据并集成,以形成不同类型的多维动态地图可视化系统,通过实验,获得如下一些体会:

(1) 优点和潜力

① VRML 面向的目标是三维动态的现实世界,由于可以模型化地学空间坐标,并生成生动鲜明的地图显示,因此不仅在概念上使人容易理解,并且功能丰富,从而使三维动态地图可视化工作十分容易。

② 由于 VRML 与 Web 插件相结合,不仅提供了丰富的交互功能和 WWW 功能,而且从空间认知的角度上可以促进用户的探索兴趣,因此提高了空间信息的传输效率以及网络化的全球信息共享性,也增加了为决策支持服务的潜力。

③ 由于 VRML 在创作概念上是一种“组装”的方式,在应用上是一种“感应”的交互方式,与传统地图设计和应用具有显著的不同,因此这不仅提高了空间目标的重用性和工作效率,而且有可能促使地图设计概念发生根本的变化。

(2) 存在问题和工作不足

① VRML 提供了 32bit 浮点值,它只能表达 7 位有效数字,这对于表达空间坐标精度是不充足的。

② VRML 的交互功能很大程度上依赖于 Web 插件,但众多插件的导航功能不尽相同,并且对 VRML 场景的解释结果也不相同,因而使 VRML 的通用性受到限制。

③ 实验中,对于空间定向没有作相关的工作,这将很可能使用户在三维观察中迷失方向,所以这一工作对于空间认知非常重要。

④ 实验中,对于时间图例的交互探索没有作相关工作,而时间图例的交互探索可用于探索任一时刻空间现象的状态,也可用于设置世界时间与观察时间的关系(时间比例尺)。

⑤ 实验中,对于色彩、光照应用探索较少,可是在三维动态地图可视化中,色彩和光照对于三维空间的认知和多维数据的表达具有重要的意义。

参 考 文 献

- 1 Hartman J, Wemeke J. The VRML 2.0 handbook, building moving worlds on the Web. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Developers Press, 1996.
- 2 Buziek, Hatger. Interactive animation and digital cartometry by VRML 2.0 and JAVA within a temporal environmental model on the basis of a DTM of the Elbe estuary and a 12 hour tide period, 1998. <http://visart.ifk.uni-hannover.de/buziek/COMVIS/COMVIS98/buziek/comvis98.html>.
- 3 VRML Worlds, ESRI, <http://www.esri.com/software/arcinfo/3dtin/index.html>.
- 4 Chris Marrin, Bruce Campell. Teach Yourself VRML 2.0 in 21 Days, Sams.net Publishing, 1997.
- 5 VRML Worlds, ESRI, <http://www.esri.com/software/arcinfo/3dtin/index.html>.
- 6 GLview, Holger Grahn, <http://www.snafu.de/hg>, <http://www.glview.com>.
- 7 VRML 2.0 Specification Document, <http://vag.vrml.org/VRML2.0/FINAL>.

王全科 1970年生,1993年、1996年先后获得山东矿业学院工学学士学位和硕士学位,1999年在中国科学院地理研究所获得地图学与地理信息系统专业博士学位,现在加拿大 Calgary 大学做博士后工作,主要研究方向为基于网络的 3D GIS 和可视化。

刘岳 1937年生,1962年毕业于莫斯科测绘学院,现任中国科学院地理研究所研究员、博士生导师,发表专著 2 部,多次获国家科技进步奖和中国科学院科技进步特等奖,并被授予国家有突出贡献的中青年专家,主要研究方向为计算机制图学、地图可视化的理论和技术等。

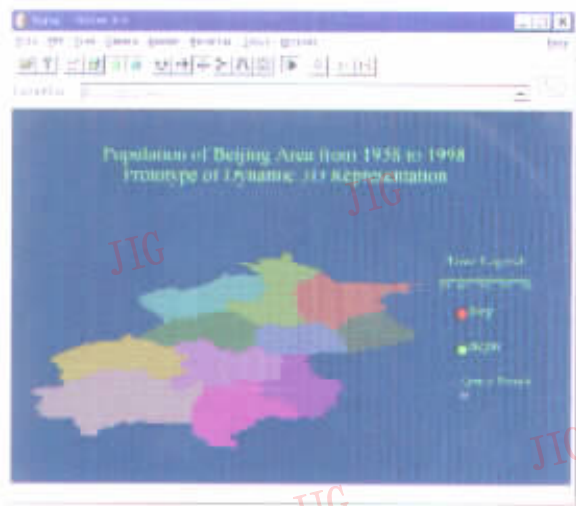


图1 系统的初始界面

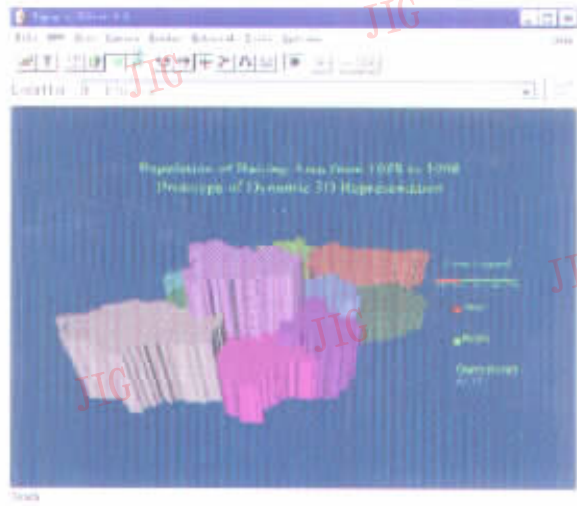


图2 中间过程和检索结果