

# 基于 Web 的 CCGIS 浏览器插件的设计与实现

朱 庆,李霞飞,张叶挺

(武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室,湖北 武汉 430079)

## The Design and Implementation of Web-based CCGIS Browser Plug-in

ZHU Qing, LI Xia-fei, ZHANG Ye-ting

(National Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing of Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract** :The increasing use of World Wide Web( WWW ) has brought about a lot of Internet-based applications. The broad band internet makes it possible to implement Web-based three dimensional GIS using 3D graphic languages such as OpenGL, Java 3D and Virtual Reality Modeling Language( VRML ). Applets and Java 3D can generate a dynamic, real-time, interactive, distributed three dimensional space inside the Internet Web. Recently, based on the Java and Java 3D a Web-based browser of CCGIS was constructed. CCGIS is the trademark of CyberCity GIS software made by our lab. Firstly, this paper reviews the implementation of the Web-based 3D GIS. Secondly, the construction of the 3D geo-referenced virtual scene using Java 3D and the implementation of the Web-based browser of CCGIS on the client side are presented. Due to the large data involved in Web-based 3D GIS and the real-time response of interaction on the Internet, it is a critical issue to organize, manage and transfer data through the server. This paper also introduces the design of the data server of CCGIS 3D city models. Finally, a few case studies are illustrated.

**Key words** :Java 3D ; Virtual Reality Modeling Language ; CyberCity GIS ; Browser/Server ; Plug-in

**摘 要** :首先介绍了网络 3 维虚拟现实的发展现状和一般实现方法,结合数码城市 GIS 软件的研发,提出了基于 Web 的 3D 城市模型浏览器插件的 3 层浏览器/服务器体系结构,然后重点介绍了采用 Java 和 Java 3D 实现客户端 3 维数据在线操作与动态显示和服务器端一体化数据库管理功能的实现方法。该插件能用于 Internet 上发布 3 维城市信息,实现 3 维空间信息的数据共享,并提供给用户一个逼真的、实时的、可交互的虚拟 3 维城市。最后给出了一个实验例子和几点结论。

**关键词** :Java 3D ; 虚拟现实建模语言 ; 数码城市 GIS ; 浏览器/服务器体系结构 ; 插件

收稿日期:2001-11-09;修回日期:2001-12-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40001017);霍英东教育基金会青年教师基金资助项目(71017);国家重点基础研究发展规划资助项目(G1999043801)

作者简介:朱庆(1966-),男,四川仁寿人,武汉大学教授,博士,主要从事多维 GIS 理论与关键技术、数码城市、数据库集成与虚拟现实关键技术等方面的研究。

## 1 引言

近几年来,因特网以爆炸性的速度向前发展,Internet 的出现为世界带来了大量的网络应用。现在它已成为信息发布的主要工具。网络带来的新发展很大程度上影响了地理信息系统应用领域的发展,使地理信息系统的服务走向网络化。以前我们所提供的在线地理信息系统的服务大多局限在传统的 2 维表现形式上。随着虚拟技术、图形技术、网络技术和数字城市技术的发展,对因特网上的 3 维虚拟现实应用的需求越来越大。以 3 维城市景观模型为主要内容的数码城市越来越引起人们的普遍关注,并日益成为 3 维 GIS 发展的主流之一<sup>[1]</sup>。但是,由于受到网络传输速度、图形技术和虚拟现实技术等因素的限制,基于网络的 3 维虚拟现实尚处于一个刚发展起来的全新阶段。在万维网(World-Wide Web)上,虽然可以找到各种各样的标有“虚拟城市”的站点,但在这些站点中,大部分只是提供了图形接口,即只提供 2 维图片,点击图片再进入到相关的页面,都是以静态的方式表现城市或旅游景点,还很少有把虚拟现实技术(Virtual Reality,简称 VR)跟 GIS 的空间数据相结合来创建真正意义上的虚拟城市<sup>[2]</sup>。

尽管虚拟现实技术和 GIS 技术的发展已经取得显著进展,但要满足数码城市在 Web 上的虚拟 3 维交互还存在许多困难,不仅在客户端要解决大量几何数据和纹理影像数据的动态传输、在线交互和实时显示等困难,而且在服务器端还必须支持多种类型海量数据的管理和有效存取。开发基于 Web 页面的 3 维虚拟场景可以采用多种方法来实现,包括采用不同的编程语言。实现网络虚拟 3 维的方法大致有下面几种:虚拟现实建模语言(Virtual Reality Modeling Language,简称 VRML),网络编程语言 Java 和 Java 3D,微软公司的 ActiveX,COM 和 DCOM 等,这些语言可以相互结合。其中,使用最为广泛的一种语言是 VRML。与超文本标记语言(HyperText Markup Language,简称 HTML)一样,它是一种 ASCII 的描述语言,其来源为 Open Inventor,是 SGI 公司为其本身需求而开发出的 3D 图形描述语言。HTML 用于平面的排版与创作,而 VRML 则用来描述 3 维模型,它可以用来产生 3 维物体、材质和灯光等特殊效果,并能够通过 Internet 网络进行操作。国际著名 GIS 软件 ESRI 的 ArcView

3D Model 就是采用 VRML 来实现网络的 3 维浏览功能<sup>[3]</sup>。但是,由于 VRML 的一些严重的先天性缺陷,如要求的数据文件太大、缺乏数据库接口、效率很低、不支持 3 维编辑等,其在 GIS 领域特别是数码城市的进一步应用受到限制。另外,微软公司提供的 ActiveX 目前还只能运行于 32 位 Windows 系列操作系统上,但是它在运行速度上占有很大的优势。浏览 3 维虚拟场景时,ActiveX 控件自动下载到客户端,它只能运行在本公司提供的 IE 浏览器上。随着网络技术的发展,网络编程语言 Java 越来越受到关注,Java Applet 和 Java 3D 一起可以实现嵌在 Web 页面上的动态的、实时的、交互性的 3 维虚拟场景。基于 Java 的 WebGIS 可以做到“一次编程,到处运行”。Java 是一种“简单、面向对象、分布式、解释性的、健壮安全、体系结构中立、可移植、高性能、多线程和动态”的网络语言<sup>[4]</sup>。Java 3D 不仅提供了一种动态的、可交互的新标准,而且还能跟 Java 的其他部件很好的融合,这样使它成为创建 3 维用户接口和 3 维虚拟环境最受关注的语言之一。当然,由于目前世界上用得最多的 2 大浏览器(IE 浏览器和 Netscape 浏览器)都不支持 Java 2,用户在使用浏览应用程序时,还必须下载插件(Plug-in)。

本文将详细介绍用来实现基于网络的数码城市 GIS(CyberCity GIS,简称 CCGIS)浏览器插件的原理、关键技术及应用事例。CCGIS 是由测绘遥感信息工程国家重点实验室开发的数码城市 GIS 软件的商标名称。CCGIS 是 GeoStar 自主知识产权基础地理信息系统软件的后继新产品,专门为数码城市建设而设计研发。CCGIS 网络浏览器插件基于 CCGIS 基本的数据模型,采用了 Java 3D 为代表的一些最新技术来实现网络上的 3 维空间数据的浏览与交互操作,为创建网络上的数码城市提供了一个原型系统。

## 2 基于 Web 的 CCGIS 浏览器插件的体系结构

Web CCGIS 浏览器插件(以下简称 CCGIS 插件)是在 CCGIS 软件的基础上开发的<sup>[5]</sup>,直接采用 CCGIS 的建模工具进行 3 维城市模型创建,客户端采用了 Java 和 Java 3D 实现 3 维数据的在线交互和动态显示,服务器端采用了 SUN 公司提供的服务器小程序 Servlet, JSP, JavaBeans 和 EJB。CCGIS 插件的主要功能是在 Internet 上发

布 3 维城市信息,实现 3 维空间信息的数据共享,并提供给用户一个逼真的、实时的、可交互的虚拟 3 维城市模型。

基于网络的 3 维虚拟现实系统包括 3 个部分:数据集、应用程序和用户。拥有 3D 地理空间属性、时空属性和主题属性的多维数据集,可以描述为不同数据格式,也可以采用不同的编程语言

来开发虚拟现实应用程序<sup>[6]</sup>。CCGIS 插件采用 Java 和 Java 3D 来开发组件式(Java Beans)的应用程序,用户可对其进行再次开发。它采用了 3 层浏览器/服务器(Browser/Server,简称 B/S)体系结构,即客户端、Web 服务器和数据库。客户端运行在远程,用户在 Web 页面上,而 Web 服务器和数据库运行在服务器上(如图 1 所示)。

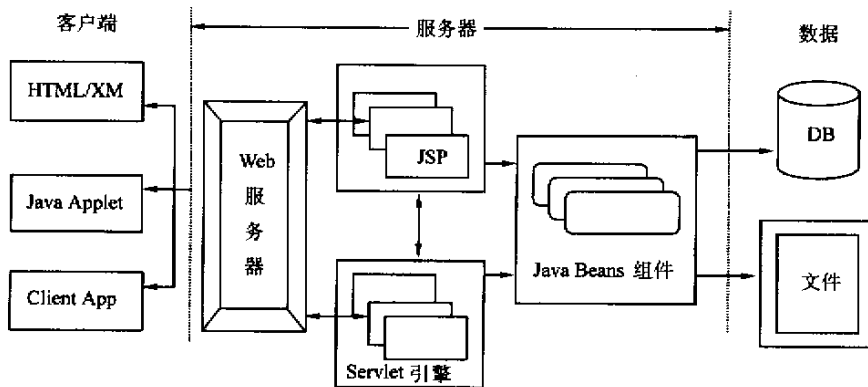


图 1 基于 Web 的 CCGIS 浏览器插件的 3 层体系结构

Fig.1 The tri-layer architecture of CCGIS browser plug-in based on the Web

客户端部分是与远程用户交互的接口和界面,它位于远程的用户端。它可以作为一个小应用程序嵌入到 Web 页面中,也可以作为独立的应用程序运行在客户端,这取决于二次开发的用户。利用 HTTP 协议与服务器端进行通讯。它的主要功能包括提供与远程用户交互的界面和接口、3 维虚拟场景的构造和显示、场景操作和漫游、空间信息查询和属性信息查询、向服务器端递交请求等。这部分采用 Java 和 Java 3D 来实现,具体原理和实现将在第 3 小节详细介绍。

服务器可以是 Web 服务器或是应用程序服务器。在服务器端(Webserver)可以用几种基本的方法来实现 3 维地理信息系统中数据与万维网的连接:公共网关接口(Common Gateway Interface,简称 CGI)、Web 服务器应用程序接口(Webserver Application Programming Interface,简称 Webserver API)、微软公司的活动服务器页面技术(Active Server Pages,简称 ASP)、SUN 公司的爪哇服务器页面技术(Java Server Pages,简称 JSP)和 Java 服务器小应用程序(Java Servlets)。这些开发技术各有其优缺点<sup>[7]</sup>,其中,JSP 具有明显的优越性与独到之处。JSP 秉承了 Java 语言的优势,是一种实实在在与平台无关的开发技术。JSP 既有很高的运行效率,开发周期又很短,同

时,扩展能力特别强;它的技术规范是公开的,任何人都可以按照规范开发出自己的产品。综合使用 JSP、Servlet、JDBC 和 JavaBeans 已经成为开发电子商务平台的主流技术。同时考虑到系统中的客户端部分采用的 Java 和 Java 3D,与 JSP 和 Servlet 均出自同一个公司,它们的衔接性比较好,所以 CCGIS 插件的服务器应用程序也采用了这种体系结构。

远程用户通过 Web 服务器与位于服务器端的数据库进行联系。这个部分的主要功能包括响应客户端的请求,并把结果输送给远程的用户;多维数据库的管理、组织和提取等功能。多维数据库包括矢量数据库、影像数据库、DEM 数据库和属性信息数据库。数据管理、组织、协调和提取等功能在服务器端完成。

### 3 客户端 3 维数据在线操作与动态显示技术

CCGIS 插件的客户端功能是基于 SUN 公司的 Java 和 Java 3D 实现的。Java 3D API 是用来开发 3 维图形和开发基于 Web 页面的 3 维应用程序的编程接口。Java 3D 是在 OpenGL、DirectX 等标准 3 维图形语言的基础上发展起来的。因此 Java 3D 的数据结构和 OpenGL 一样,采用的是场

景图的数据结构,但 Java 3D 的场景图根据 Java 语言的特点,增加了一些新的内容,更易于实时处理及显示特殊的 3 维效果,更加方便最新的 3 维图形加速技术的应用。Java 3D 的场景图结构如图 2 所示,场景图包含了整个场景或虚拟世界的一个完整描述。包括了几何数据、属性信息和视线信息。CCGIS 插件的客户端也采用了标准的 4 部分虚拟场景结构,分别是:地理虚拟世界模块、视平台模块、3 维画布模块和模型模块。他们之间的关系如图 3 所示。虚拟世界模块是虚拟地理世界根节点,它位于整个场景中的最顶层部分,包含了场景中的一些基本信息,它的主要功能是:场景中的背景设置、各类光源的设置和应用、雾的应用等。场景中只能有一个这种节点。它的下面有 2 个分支,一个是地形模型分支,另一个是视模型分支。视模型模块存储了场景中有关视线的信息和动画的信息。它主要负责构造场景中的视平台,视平台存储了视线的位置、方向和缩放比例等信息。通过视平台可以改变视线方向、位置和缩放比例,从而实现场景中的动画效果。管理场景中的视线信息,设置场景中的视场角、景深、动画方式和动画的 ON/OFF。3 维画布模块定义了场景中绘制图像的窗口信息,如窗口的大小、形状和位置信息,同时也是我们提供给用户进行二次开发的接口。所有可供用户进行再次开发的信息都包含在这个模块里面。利用这个模块,用户可以快速地开发出满足自己需求的 3 维虚拟场景。另外,系统中最核心的模块就是地形模型模块,它包含了 CCGIS 浏览器的虚拟场景结构图中的地形模型分支以及它下面的分支。它包含了整个场景的几何数据、属性数据以及它们的构造、显示和查询。它的顶层节点是地形分支,地形分支包含了地形的几何数据信息、材质信息和正射影像信息。它负责组织整个场景中的模型数据,把它们连成一个整体的模型。其他的地物类分支放置在它的下面,由它统一管理。虚拟场景中的地物类主要指空间地物类。空间地物类主要有下面几大类:3 维点对象、3 维线对象、3 维面对象、空间体对象、3 维注记和空间组对象<sup>[5]</sup>。它们生成一个场景分支放置在地形分支下面。

可见,CCGIS 插件的客户端场景图结构继承了 Java 3D 的场景图的数据结构。客户端除了负责整个虚拟世界的布置工作以外,还包括多维数据的实时调度、在线显示和操作,向服务器端发送

请求,属性信息查询等功能。由于受到网络传输速度的影响,对于小范围数据来说,经过服务器端的压缩处理后,可以实现一次性把全部数据传输到远程用户,而对于海量数据来说,即使经过压缩处理也不可能一次性把数据传输到客户端,在此,我们对大范围的数据分成小区域显示,并对地物类实行分层组织,实时向服务端请求分区或分层的数据。数据一旦下载到客户端,对数据的在线操作基本与网络无关,比如飞行和穿行、环绕一点旋转、鼠标和键盘的导引、抬高和减低视线、可以从不同的角度观察场景、全景显示等。只有属性信息查询是通过对数据库的实时访问实现的,属性信息数据库位于服务器端,每次查询数据库时,客户端必须先向服务器发送查询请求,查询结果再从服务器端传到客户端进行显示。

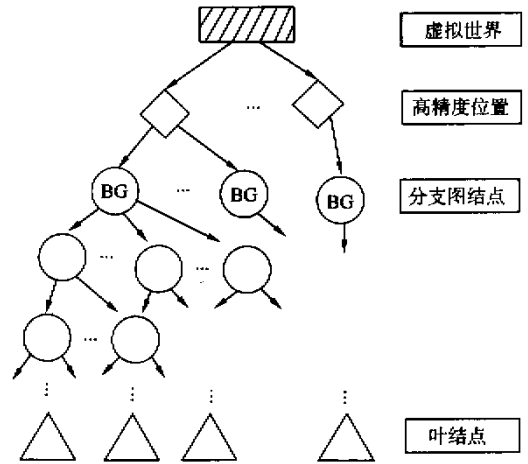


图 2 具有多分支图的 Java 3D 场景图结构<sup>[8]</sup>  
Fig. 2 The Java 3D scene structure within multiple branch graphs

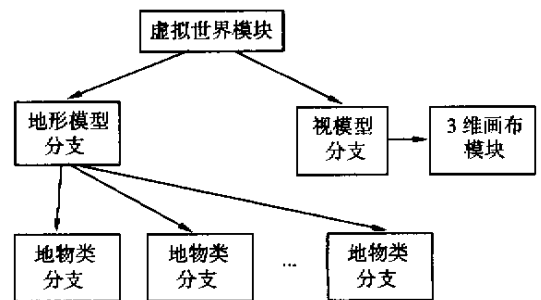


图 3 CCGIS 插件采用的虚拟场景图  
Fig. 3 The virtual scene graph of CCGIS plug-in

#### 4 服务器端一体化数据管理与快速存取技术

服务器端包括 2 部分内容,一是服务器部分,另外一个就是数据库部分。服务器端的体系结构如图 4 所示。数码城市数据库类型包括 3 维模型数据库、影像数据库、DEM 数据库以及多媒体数据库等,数据量大、数据类型多。如此复杂、庞大的数据必须进行有效的组织和管理,才能保证基于网络的快速存取。在 CCGIS 插件中,服务器应用程序主要承担这份工作,提供了空间数据库组织、存储和管理等功能,同时负责与 Web 服务器进行数据交换。由于数码城市数据量大的特点,GIS 系统中的数据库往往会分布在不同的服务器上,所以服务器应用程序同时还支持各个数据服务器之间的负载均衡。

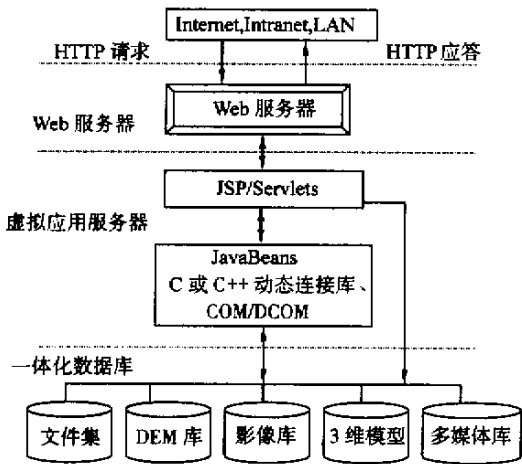


图 4 CCGIS 插件服务器端的功能体系结构

Fig.4 The server functionality architecture of CCGIS plug-in

尽管 CCGIS 插件的基本数据源于 CCGIS 的数据集,由于即使一个小区的 3 维城市模型数据量往往也有几百兆字节以上,考虑网络应用的特点,我们对数据进行了压缩和简化处理并重新进行了分区组织,从而加快了网络的存取速度。比如,降低数字高程模型和正射影像的分辨率,并将所有的物体表面纹理影像均压缩成 JPEG 格式,将大范围区域划分为几个小区域分别聚族式地组织数据。为了确保网络的安全性问题,我们对发布的数据提供了一些必要加密处理,如数据转换和访问权限控制等。

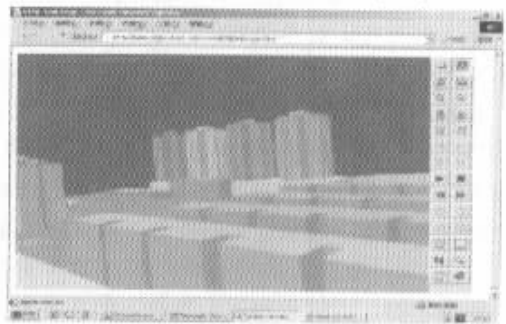
#### 5 应用实例

采用 Java(jdk1.2.2)和 Java 3D(Java 3D 1.2 OpenGL 版)开发了一个可运行在 Web 页面上的动态的、可交互的、实时的 CCGIS 插件。该应用程序的主要功能是实现嵌在 Web 页面上的 3 维城市浏览。该插件同其他小应用程序一样下载到远程用户端运行,包括应用程序的 Class 文件和数据文件。它提供了多种漫游方式(飞行、旋转、鼠标漫游和键盘漫游)可供用户选择;用户可以根据需要改变观察者的视点和视线方向;可以对 3 维模型进行操作,如放大、缩小、拔高和压低等;可以跟服务器进行连接实现属性信息查询等。尽管该插件的开发环境是 Windows NT 4.0,但由于 Java 具有平台无关性,所以这个插件可以运行在任何浏览器平台上。当然,运行该插件时,必须首先下载 Java 2 和 Java 3D 插件。图 5 为 CCGIS 插件运行在 IE5.0 环境下的图形界面。



(a) 带纹理特征的 3 维城市景观模型

(a) Three-dimensional virtual cityscape



(b) 只有几何信息的 3 维城市模型

(b) Three-dimensional geometric city model

图 5 基于 Web 的 CCGIS 浏览器插件的一个应用实例

Fig.5 The illustrations of Web based CCGIS browser plug-in

该实验区域为 0.64 km<sup>2</sup> (0.8 km × 0.8 km), 总共有 78 个建筑物, 超过 2 000 个表面和 240 个不同的表面纹理图像, 涉及的 CCGIS 数据库达到 150 兆字节。经过简化和压缩处理后, 数据量为 1.6 兆字节。如图 5(a) 所示的内容是通过校园网访问并显示全部信息的结果。当然, 显示内容可以通过客户端的有关操作进行筛选, 图 5(b) 显示的只有几何模型信息。

## 6 结 论

采用 Java 和 Java 3D 开发的基于 Web 的 CCGIS 浏览器插件是对传统 C/S 模式下数码城市 GIS 软件 CCGIS 的重要扩展。实验结果表明, 该插件不仅具有跨平台的特性, 同时还提供了较强的网络在线交互与 3 维虚拟显示功能。当然, 由于 3 维数码城市涉及海量数据的应用, 面对这些数据我们必须提供更加有效的方式进行组织和管理, 包括更好地解决分布式数据服务器之间的负载均衡问题。下一步, 除了继续完善该插件的控件化和交互式显示功能以外, 还要把 CCGIS 的 3 维应用与 GeoStar 的 2 维应用更紧密地结合, 为网络用户提供更加实用的、逼真的 3 维网络 GIS 信息发布、空间查询与分析功能, 更好地服务于我国数码城市的建设。

## 参考文献:

[1] LI De-ren, ZHU Qing, LI Xia-fei. CyberCity: The

Concept, Technical Supports and Typical Applications [J]. Geo-Spatial Information Science, 2000, 3(4): 1-8.

- [2] DODGE M, DOYLE S, SMITH A, *et al*, Towards the Virtual City: VR & Internet GIS for Urban Planning [EB/OL]. <http://www.casa.ucl.ac.uk/publications/birkbeck/vrcity.html>.
- [3] HUANG Bo, LIN Hui. GeoVR: A Web-based Tool for Virtual Reality Presentation from 2D GIS Data [J]. Computer & Geosciences, 1999, 25: 167-175.
- [4] HUAI Yong-jian, HAO Chong-yang. Java 3D API for VR Application Systems [J]. Journal of Image and Graphics, 2000, 5(12): 1044-1048. (in Chinese)
- [5] ZHU Qing, LI De-ren, GONG Jian-ya, *et al*. The Design and Implementation of CyberCity GIS [J]. Journal of Wuhan University (Information Science Edition), 2001, 26(1): 8-11. (in Chinese)
- [6] LIN Hui, GUO Jian-hua, *et al*. Web-based Three-dimensional Geo-referenced Virtualization [J]. Computer & Geosciences, 1999, 25: 177-185.
- [7] HUANG Li, *et al*. To Develop the Web Homepage Using JSP Easily [M]. Beijing: Hopeful Electronic Press, 2000. (in Chinese)
- [8] Java 3D Tutorial [EB/OL]. [http://Java.sun.com/product/Java\\_media/Java\\_3D](http://Java.sun.com/product/Java_media/Java_3D).