

基于 COM+ 的分布式 WebGIS 架构及实现方法

刘南 刘仁义

(浙江大学 浙江省资源与环境信息系统重点实验室, 杭州 310028)

摘要 具有分布式计算能力是新一代 WebGIS 平台的主要特征, 为了使人们对分布式 WebGIS 有一个概略了解, 首先提出了基于 COM+ 的分布式 WebGIS (DWebGIS) 的组织策略及实现方法; 然后对 DWebGIS 的架构及 COM+ 的地图服务引擎进行了分析, 并讨论了 DWebGIS 系统中的分布式设计和处理方法; 接着详细论述了服务器集群网络负载均衡、无状态对象隐藏标识、及时激活 (JIT) 和对对象缓冲池等 DWebGIS 系统的关键处理技术, 此外, 还对基于地图图像的客户/服务器对象操作方法、地图文件命名“三因子法”及系统的“请求/响应”机理进行了较深入的阐述; 最后通过在浙江省数字流域治理规划管理系统的应用实例, 验证了基于 COM+ 的 DWebGIS 系统设计的正确性和可行性。

关键词 分布式 WebGIS 服务器集群 COM+ 网络负载均衡

中图法分类号: P208 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2004)01-0099-06

Strategy of Distributed WebGIS in Server Group and Its Implementation

LIU Nan, LIU Ren-yi

(Keylab of GIS, Zhejiang University, Hangzhou 310028)

Abstract The ability with distributed computing is a main characteristic for new WebGIS platform. An organizing strategy of distributed WebGIS (DWebGIS) based on environment of server group and its implementation are presented. Then the distributed architecture of DWebGIS and engine of map services for COM+ were analyzed in detail. A distributed solution and process methods about DWebGIS are discussed, in which network load balancing (NLB) of server group, hidden marks of no-status objects, just-in-time (JIT) activation and object pooling are the key technique. Also, process of image based map-entities-objects in Client/Server, "three factors" (The alone filename are created by SessionID, server systematic time and random number), cycle of system request/response are expatiated on. Lastly, the correctness and feasibility for design of WebGIS system platform based on COM+ technique are proved by an example in Zhejiang Provincial Digital Drainage Area Planning System. Our further R&D work is in progress.

Keywords Distributed WebGIS, Server group, COM+, Network load balancing (NLB)

1 引言

当前的网络型 WebGIS 系统基本上采用 B/S 体系结构。虽然后台运行了大型关系数据库及空间数据库引擎, 已可进行跨平台的空间数据库通信, 但由于后台仅采用一台服务器维护, 因此其并不属于真正意义上的分布式网络环境。由于 GIS 应用领域的扩展和需求的不断提高, 致使当前几种主要的

WebGIS 系统的不足明显地暴露出来。这些平台的实现机制基本上是采用 CGI (Server API)、Plug-in、COM、Java 等几种模式, 通过 Web 浏览器来实现图形显示与编辑、图形属性互查、空间分析, 文献[1]对此进行了详细分析, 但由于 WebGIS 系统不支持多服务器协同工作, 无法实现服务器集群网络负载均衡, 其很难满足多用户群或用户群峰期并发操作, 因而目前的大多数 B/S 结构 WebGIS 系统均限制客户端用户并发数。如 WebGIS 平台 GeoMedia Web

Map 就有针对用户数的不同版本,MapGuide 也建议在用户数超过 12 个时,即需增加 CPU 和 RAM 的数量^[2-5]。目前一个 WebGIS 网站的日访问量已经不小,随着电信网、有线电视网、因特网三网融合步伐的加快及第 2 代因特网技术的日趋成熟和发展,网络型 WebGIS 系统将面临一个严峻的考验。通过对国内外主要 WebGIS 平台应用系统开发和比较分析发现,随着用户数的增加,其空间数据处理效率急剧下降。针对这种情况,显然不能依靠提高客户/服务器硬件配置等措施加以解决,关键是如何高效地实现空间数据的分布式操作和硬件资源的协同服务。在有关研究项目支持下,作者组织了分布式空间数据研发小组对该问题进行了研究,本文是该研究的阶段性成果。

2 分布式 WebGIS 架构及 COM+ 地图服务

2.1 分布式 WebGIS 架构

作为 COM+ 技术支撑的分布式多层应用网际应用程序结构 (Windows Distributed Internet Applications Architecture, DNA) 是新一代分布式 WebGIS 平台的技术基础。DNA 由一组分布式的应用程序服务、分布式底层服务和公共接口构成。分布式 WebGIS 采用表示服务层、业务逻辑层、数据服务层 3 层结构(如表 1 所示)。在 WebGIS 的 3 种结构模型中(服务器端、客户端及平衡解决方案),笔者认为,客户端跨平台远比服务器端跨平台要有意得多。为了支持尽可能多的客户端浏览器,并保证数据安全和传输量相对恒定,使得不会出现随着数据量加大而导致性能线性下降的情况发生(尤其是处

表 1 分布式 WebGIS 各层操作任务分配

层名	功能
表示服务层	从用户方收集地图操作请求信息 将用户地图操作请求信息传送给业务逻辑层处理 获取业务逻辑层对地图操作请求信息的处理结果 将地图处理结果呈现给用户
业务逻辑层	从表示服务层接收地图操作请求信息 和空间数据服务层协同工作,共同完成自动化的业务操作 将处理过的地图操作结果返回给表示服务层
数据服务层	空间、属性数据存储 空间、属性数据检索 空间、属性数据维护

理大数据量、矢量和影像叠加),建议分布式 WebGIS 尽可能采用服务器端解决方案。

(1)表示服务层被设计成一个瘦客户端,用于执行简单的应用逻辑,并使用轻量级的超文本传输协议(HTTP),以超文本表单的形式将地图服务请求及相关参数提交给 Web 服务器,以便与业务逻辑层进行交互;整个表示服务层的应用逻辑用被 W3C 接受的超文本语言 HTML (Hyper Text Markup Language) 标准技术进行构造,以减少或消除客户端的配置问题,而实现表示服务层应用逻辑的代码和 HTML 页面则位于 Web 服务器上,当客户端浏览器向 Web 服务器提交地图服务请求时,Web 服务器首先利用 ASP 执行一系列的调用、操作来产生标准的 HTML 代码,并回传给表示服务层,然后位于客户端的浏览器通过解析相应的 HTML 代码来显示地图服务结果。其中,地图文件以标准的 GIF 图像格式返回给客户端浏览器,用于直接显示。

(2)业务逻辑层是 DNA 中 3 层结构的核心部分,它负责处理表示服务层的应用请求和联系数据服务层,以完成业务逻辑的计算任务,并将处理结果返回给客户端。业务逻辑层的 Web 服务器是客户端进入中间层的入口点,当客户端向服务器提交 HTTP 请求时,业务逻辑层通过 ASP 代码执行应用逻辑,加载和运行 COM+ 地图服务组件来进行业务处理,最后使用 ASP 应用逻辑来动态产生 Web 页面,并将其作为结果向客户端输出。在 Windows 操作系统上运行的 Web 服务器主要有:Apache、Netscape Enterprise Server、Java Web Server、IIS 等。整个业务逻辑层的设计集成了 Web 服务器、ASP、COM+ 地图服务组件等,以实现系统应用。

(3)数据服务层的设计相对简单,主要是通过空间数据库引擎来访问数据库中的地理空间数据(如 Oracle Spatial),以便为地图服务组件提供地图数据。分布式 WebGIS 利用 COM+ 组件提供的分布式计算技术,并采用 Windows DNA 结构来实现超量客户数峰期访问的服务器集群的负载平衡及并发服务。图 1 为单服务器模式系统整体框架,图版 1 图 1 为服务器集群网络负载平衡拓扑结构。

1.2 分布式 WebGIS 中采用的 COM+ 地图服务

由于 COM+ 中的分布式服务为开发基于 COM+ 的应用服务提供了很好的底层支撑,因此使得建立在 COM+ 基础上的地图应用程序可以方便地直接利用这些服务来获得良好的系统应用特性。

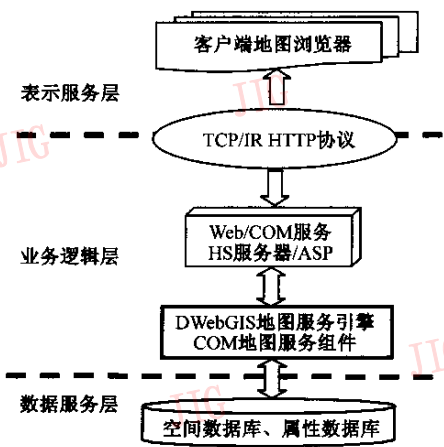


图 1 单服务器模式系统整体框架

分布式 WebGIS 需采用透明网络协议来使 COM+ 地图组件能够通过网络在多个互连计算机上直接通讯,并由此构成多个服务器来协作完成同一任务的进程,最后组成分布式应用程序。利用 MTS(事务处理服务器)可支持多用户组件访问和对同/异质数据库的操作来实现交易处理的事务服务管理。基于 MTS 提供的数据库连接缓冲、线程管理和事务管理等多项服务,可以完成分布式 WebGIS 多客户端通过组件频繁访问后台数据库等一系列操作,以便为多层结构的中间层事务逻辑提供架构支持。分布式 WebGIS 可以采用 COM 模式下,基于 RPC(Remote Procedure Call)的同步调用服务(同一有效生存期内通过接口指针执行),也可采用基于消息的通讯过程异步运行模式。另外,通过底层的队列机制和消息队列服务器 MSMQ(Microsoft Message Queue Server),可以将客户与组件的生存周期分离在不同的时间点上。

分布式 WebGIS 的 COM+ 地图组件改进了 COM 的可连接对象机制及克服了程序代码需依赖于出接口(outgoing interface)的缺点,并采用了多通道的发布/订阅(multicasting publish/subscribe)事件机制,以允许多个客户订阅事件。通过组件对象的事件服务来维护包含事件、发布者、订阅者及订阅信息的事件数据库,以便使定单的生命期不需要与发布者或订阅者的生命期相匹配。由于 COM+ 地图组件能根据系统的负载状态把对象创建请求传递到负载最轻的机器上,从而能透明地提供动态负载均衡服务。COM+ 负载均衡地图引擎一般使用缺省的负载均衡算法,并能根据每台机器上每个正在运行的地理空间对象,将采用的实例方法调用的响应

时间作为参考值,计算出负载平衡参数。分布式 WebGIS 可充分利用 COM+ 的内存数据库(In Memory Database)长驻内存支持事务处理的特性来保存地图请求的非永久状态信息,并将后台数据库系统中的地理空间数据表装载在共享内存中,以便为分布式 WebGIS 的 COM+ 应用程序提供快速的数据访问。

3 分布式 WebGIS 中的关键处理技术

(1) 基于地图图像的客户/服务器对象操作方法

笔者认为,在 WebGIS 平台设计中,为了满足客户端大多数浏览器的需要,宜采用标准网络协议和客户端栅格图像处理方式,而对于客户端所需的 GIF 格式地图文件,则不采用通常的像素“热区”方式来连接后台属性文件或图形数据库,而是使用基于对象操作方法来获取客户端查询地图图像的坐标值和空间操作类型。业务逻辑层的 ASP 应用程序通过捕获客户端提交的图像坐标值和空间操作类型来创建或调用分布式地图服务组件、读取数据服务层地图数据、执行实际坐标与图像坐标转换,并根据客户端提交的空间操作类型来执行相应的放大、缩小、漫游、查询及分析等操作;最后,动态地向客户端浏览器输入服务结果。

(2) COM+ 地图服务引擎

COM+ 地图服务引擎在业务逻辑层的设计中处于核心地位,因此所有对地图服务请求的实现最终应由 COM+ 地图服务组件完成。COM+ 地图组件可使用支持 COM 技术的语言编写,并使用灵活的 Both 线程模型来开发 COM+ 地图服务组件,以便为实现对象池技术和良好的伸缩性提供底层的技术支持。图形内核和地图实例调用是采用“包容”模型重用事先封装的 COM 地图组件,并通过默认的 COM+ 地图服务引擎客户化接口(IMapNet)来提供地图服务(如图 2 所示),但必须通过使用 Server.CreateObject(“MapNetPrj.MapNet”)来创建服务器端的组件对象,然后才能使用其提供的地图服务。

(3) 服务器集群网络负载均衡

本系统可运行于 Advanced Server 或 Datacenter Server 的服务器集群环境中,并可提供网络负载均衡服务和支持超大客户群特定峰期访问,但在参与网络负载均衡集群的服务器中,需要运行 Web 服务器的一个实例,同时给该集群的所有服

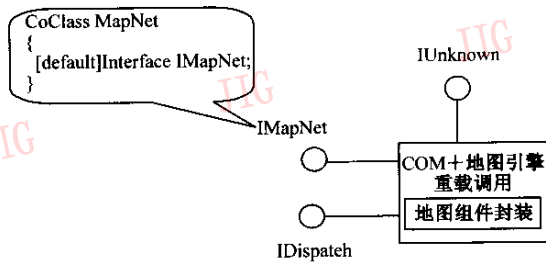


图2 COM+地图服务引擎的客户化接口

务器分配全部的客户请求,而且 Web 服务器所有实例还必须独立运行。客户端在获取 Web 页面时只需访问本地磁盘,系统即可向其提供无状态的平衡服务。分布式 WebGIS 可将 TCP 通信、用户数据报协议(User Datagram Protocol, UDP)通信和一般路由封装(General Route Encapsulation, GRE)通信等应用请求,按服务器负载百分比统计算法分发给各个集群成员。如果其中的一台服务器出现故障或脱机,则网络负载平衡就会自动检测,并将网络协议通信重新分配给剩下的服务器,以保证即使在只有一台服务器可用时,服务也不会中断。

(4) 无状态对象“隐藏标识法”

目前 WebGIS 平台均限制客户端用户并发数,因此为了缓解应用中可能存在的瓶颈,地图服务引擎被设计为支持无状态对象的 COM+ 组件,即通过释放服务完成后的所有内部信息来放弃服务器端与客户端的维护跟踪服务,以提高 COM+ 地图服务引擎对客户端的并发反应效率。由于不可能支持物理意义上的无限制用户数版本,因此需设法在客户服务数和系统性能间寻求综合平衡。COM+ 地图服务引擎需要解决的一个关键技术是:系统必须记忆客户前一次操作的状态,但不能对客户进行实时跟踪,因为在数千个用户(或更多)同时访问 WebGIS 站点时,仅为了跟踪用户操作而运行数千个地图服务组件实例,其所需要的系统资源是不可想象的。由于无状态协议在服务器与客户交互后,不再保留关于本次交互的请求和应答信息,因此无法存储当前用户操作结果的实际状态,即用户放大某一区域,并在该区域查询信息时,系统并不知道用户前次放大的是哪一块区域。用于记住前次操作状态(如放大的是哪一块区域)的一个十分有效的方法是采用 Session 对象来控制 COM+ 地图服务引擎,并以此保存客户操作状态和控制对象的生存期,以便在适当的时候(如:会话期超时、用户关闭 WebGIS

应用页面等)关闭对应的 COM+ 地图服务引擎。COM+ 地图服务引擎在实现中,可支持“对象池”技术,这样就避免了因对象频繁创建而导致系统效率降低的问题,并可在服务器重载时,提供系统保护机制。由此引发的一个问题是,用户有可能在会话期超时后,又进一步请求地图服务(慢速网络上),而此时用户当前的操作状态已经释放,此时就会因会话期超时而不得不在进一步执行下一步操作之前,重新执行前面所有的操作步骤,以恢复状态。这显然是不可接受的。对于该问题一个较好的解决方案是利用 ASP 应用逻辑把当时的地图服务引擎状态通过超文本的隐藏标识存储起来,并写回给客户端浏览器,操作如下:

```
< input type = " HIDDEN " name =
"MapCenterX" value="120.14722" >
< input type = " HIDDEN " name =
"MapCenterY" value="29.24233" >
< input type = " HIDDEN " name =
"MapLastZoom" value="300.051" >
```

其中, type="HIDDEN" 表示向浏览器指明这是一个隐藏标记,但在客户端显示;"MapCenterX"、"MapCenterY" 和 "MapLastZoom" 是用于存储状态的隐藏标记名;"value" 的值由 ASP 应用逻辑根据客户端具体的操作情况动态产生。当用户进一步提出地图服务请求,而此时会话期又超时,就可用 ASP 应用逻辑在服务器端读出客户端提交过来的上一步地图服务完毕时的地图服务引擎的状态参数,以恢复地图服务引擎的状态,并根据客户端的操作类型和操作参数来执行相关操作。

```
fCenterX=Request. Form(MapCenterX)
fCenterY=Request. Form(MapCenterY)
fZoom=Request. Form(MapLastZoom)
```

由于状态参数由客户端保存,因此,这一做法很好地解决了用户上一步操作的状态恢复和保存问题。

(5) 地图文件命名“三因子法”的调度策略

由于在同一时间访问 WebGIS 服务器的客户可能很多,因此系统必须提供大量的地图文件来为客户服务。为了不引起冲突和使客户与输出地图文件相对应,可采用 SessionID、服务器系统时间和随机数“三因子法”来生成唯一文件名。由于 SessionID 是由服务器在客户端与服务器端会话(Session)开始时产生,因此可以在很大概率上保证唯一性。若结

合客户端访问时的服务器端系统时间和随机数两个不确定量,则可以在更大的概率上保证产生不同名的地图文件,其强度完全能够满足分布式超大客户端群并发访问。为了不在服务器上对磁盘空间造成过大压力,当用户初次访问地图服务后,在继续执行相关的地图服务请求时,系统将删掉服务器应用逻辑中先前产生的地图文件,并用“三因子法”产生新地图文件,以满足新的服务请求。

(6)及时激活(JIT)对象缓冲池

本设计方案中的 COM+ 地图服务引擎采用了及时激活模型方式,以提高系统的资源利用率,并通过创建对象实例缓冲池,解决了 JIT 对象创建和初始化时的系统开销较大、响应速度较慢的问题。当占用大量系统资源的图形操作对象处于空闲状态时,可将这些资源释放,以便供其他对象使用(代理存根和通道不释放)。虽然系统中可能会有大量的客户需要引用多个对象,但系统资源只有在这些对象实际需要时,才分配给它们使用,这样就保证了以较少的系统资源来服务较多的系统用户。具体的 JIT 实现是通过地图服务组件的配置模块来实现的。

JIT 实际运作机制是:当应用程序开始运行时,COM+ 地图服务组件就按照组件定义的缓冲池最小容量创建的相应对象来填充缓冲池,而且每个缓冲池的组件都有自己的具有相同 CLSID(即 class ID 唯一标识符)的同类对象缓冲。当需要激活对象时,只要缓冲池中有相应的对象,则该对象就直接从缓冲池取出使用;如果缓冲池中并没有该对象,且缓冲池还没达到最大容量,则在缓冲池中创建该对象。当释放对象时,它就被送入缓冲池。如果应用请求使用的对象不在缓冲池中,且缓冲池已达到最大容量,则该请求将被挂起,以等待超时;如果在等待期间没有需要的对象返回缓冲池,则客户就将收到超时错误信息。这样,JIT 就用一种妥当的机制保证了服务器在重载时的稳定运行。

4 系统“请求/响应”机理及应用实例

系统的一次完整访问实现过程是:(1)用户在客户端发出具有空间信息访问特征的请求,同时系统通过采用与 Web 页面交互的标准 HTML 表单,向服务器提交需要查询的地理对象的图像坐标值和空间操作类型;(2)业务逻辑层的 ASP 应用代码来捕获客户端提交过来的想要查询的地理对象图像坐标

值和空间操作类型,并创建或调用现有的地图服务组件(本研究中,所开发的 COM+ 地图服务组件称为 MapNet);(3)利用数据服务层的地图数据通过执行图像坐标与实际坐标的转换来定位地理对象;(4)根据客户端提交的空间操作类型来执行相应的空间操作;(5)动态地以 HTML 文件的形式向客户端浏览器输出服务结果。图 3 描述了本系统中,基于 COM+ 的地图服务组件来实现一次完整 WebGIS 服务的具体请求/响应过程。

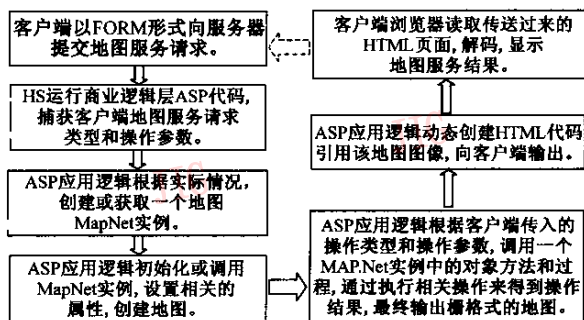


图 3 一次空间数据服务的具体请求/响应过程

实际应用中,当客户端的用户获得首次地图服务,并进一步提交地图服务请求时,应用逻辑就从步骤 7 流向步骤 1(图中虚线所示),并在步骤 1~步骤 7 之间的不断循环,如此就实现了客户端与服务器端不断的动态交互,直到用户取消操作,关闭 Web 页面为止。这里需要指出的是,用户获得首次地图服务的系统应用逻辑与上图所示的逻辑流程略有不同。在用户首次请求 Web GIS 服务时,应首先由 ASP 应用逻辑创建或调用一个 Map. Net 实例,以便向客户端输出一个系统默认的地图。

本系统的图形内核和地图引擎采用 VC++ 6.0 语言、Internet 工具及相关组件技术开发,并已成功地试用于浙江省“九五”重大攻关项目《浙江省数字流域治理规划管理系统》中^[6~8]。该系统采用了 3 种版本的 NT Server 网络运行环境,即:Windows 2000 Server、Windows 2000 Advanced Server、Windows 2000 Datacenter Server,分别运行于 3 台服务器上,并同时安装了 Microsoft Internet Information Server 5.0、网络负载均衡组件、组件化图形平台和 COM+ 分布式地图引擎。图版 I 图 2、图 3 为客户端浏览器的空间属性查询实例。

5 结论及进一步的研究工作

COM+是 Windows 操作系统分布式特性的核心技术,基于 COM+ 的分布式 WebGIS (DWebGIS) 技术架构无疑会逐渐成为新一代 WebGIS 平台采用的主流开发模式。初步试用表明, DWebGIS 具有良好的系统伸缩性和技术扩展性。研发小组的进一步工作将主要在以下几个方面展开:①扩展到 Windows. Net 下一代网络开发环境;②作为可选件,可采用 Java Applet 及 XML 来增强客户端图形处理能力;③采用 C#. Net 来改写、完善图形内核和地图引擎组件;④完善 COM+ 地图服务引擎对 ArcSDE 和 Oracle Spatial 的支持和互操作;⑤实现分别运行于 Windows 与 Linux/OMG CORBA 支持的服务器集群的 DWebGIS 平台(将另文介绍)的异构连接和访问。

参 考 文 献

- 1 刘南,刘仁义. WebGIS 原理及其应用[M]. 北京:科学出版社, 2002:20~46.
- 2 ESRI. ArcIMS[EB/OL]. <http://www.ESRI.com>. 2000-10-1-22/2002-8-10.

- 3 Mapinfo. MapXtreme [EB/OL]. <http://www.MapInfo.com>. 2000-10-1-22/2002-8-10.
- 4 Intergraph. GeoMedia Web Map Server [EB/OL]. <http://www.Intergraph.com>. 2000-10-1-22/2002-8-10.
- 5 Autodesk. MapGuide[EB/OL]. <http://www.Autodesk.com>. 1999-10-1-22/1999-12-20.
- 6 刘仁义,刘南. 动态土地信息系统时空过程及时空数据存储[J]. 中国图象图形学报,2002,7A(4):388~393.
- 7 刘仁义,刘南. 一种基于数字高程模型 DEM 的淹没区灾害评估方法[J]. 中国图象图形学报,2001,6A(2):118~122.
- 8 刘仁义,刘南. 一种基于 RDBMS 的空间数据管理模型及应用 [J]. 中国图象图形学报,2000,5A(10):825~829.



刘南 1944年生,教授,博士生导师,中国地理学会常务理事,浙江省地理学会理事长。主要研究领域为面向对象的空间数据库理论。



刘仁义 1960年生,教授,GIS博士。主要研究领域为面向对象的空间数据库理论、时空数据模型及 WebGIS 平台。