

超高分辨 GIS 信息显示技术^①

刘其军, 罗明宇, 付燕平, 归 强

(广东粤铁瀚阳科技有限公司, 广州 510630)

摘要: 为解决海量 GIS 地图信息显示分辨率高、处理难度大等问题, 研究了集群并行显示、WMS 服务、GIS 渲染显示等技术, 提出了以计算机集群并行计算为基础构建集群并行 GIS 拼接显示系统, 采用 WMS 并行获取 GIS 数据信息、地图投影变换处理数据、OpenGL 并行纹理渲染, 进而实现 GIS 数据的超高分辨显示. 实验结果表明, 提出的集群并行 GIS 拼接显示系统可极大地提高地图显示分辨率、为海量 GIS 地图的超高分辨显示提供了可行的解决方案.

关键词: 超高分辨; GIS; 集群; 拼接显示

Display Technologies on Ultra-high Resolution GIS Information

LIU Qi-Jun, LUO Ming-Yu, FU Yan-Ping, GUI Qiang

(Guangdong Railway & Sun Technology Co. Ltd, Guangzhou 510630, China)

Abstract: To overcome difficulties in processing and implement the ultra-high resolution GIS map information display, technologies such as cluster parallel processing, WMS services, GIS rendering etc are researched in this paper. A cluster-based GIS tiled display system is presented. Parallel WMS access technology is used to get GIS data, projection transformation is discussed to process map data. And OpenGL texture rendering method is researched to parallel display. Thus, ultra-high resolution GIS data is displayed on the tiled screen. The experimental results show that the cluster-based GIS tiled display system presented is feasible and can greatly improve the display resolution of map.

Key words: ultra-high resolution; GIS; cluster; tiled display system

1 引言

近年来, 我国的 GIS 信息化建设飞速发展, 在交通运输、军事公安、城市管理、防灾减灾、环境保护、水利电力、农林牧业、生命线工程管理等领域取得了广泛应用. 随着卫星技术的快速发展, 基于特定系统、特定环境的 GIS 系统开发已成为业界的热点. GIS 空间数据具有数据体量大、形式多样、结构复杂等特点, 为了更好地发挥 GIS 信息的空间可视化优势, 实现全域超高分辨显示, 需要研究超高分辨海量 GIS 信息显示技术^[1], 实现从全局着眼, 通过超高分辨空间思维分析相关地域空间信息关系、空间分布模式和空间发展趋势等, 完成科学决策.

传统的指挥中心 GIS 信息显示是通过拼接显示系

统的图像拼接处理器, 将计算机显卡输出的 GIS 图像信息以 VGA/DVI 电信号的方式进行显示, 实现 GIS 信息在拼接屏幕上的放大显示. 这种显示方式的图像分辨率受计算机显卡输出分辨率的限制, 显示地理信息的范围、分辨率有限, 没有充分发挥出拼接屏幕显示分辨率高的优势, 难以满足 GIS 信息大数据超高分辨显示的需求.

为此, 针对 GIS 信息显示地理范围大、分辨率高、处理数据量大等特点, 研究相关超高分辨显示技术, 实现 GIS 信息的超高分辨显示迫在眉睫.

2 集群并行显示技术

集群是计算机集群的简称, 是一种并行分布式的

^① 基金项目: 广东省科技计划(2012A080102003); 广东省省部产学研结合项目(2012B090500012)

收稿时间: 2014-05-29; 收到修改稿时间: 2014-06-23

计算机系统, 由一组通过网络相互连接的计算机组成, 以提供综合的高性能计算资源^[2-5]. 由于集群计算机系统结构简单、计算能力强、易于搭建, 同时, 还具有自由扩展、可管理、高性价比的等诸多优点^[6-10], 因此成为了大规模计算的理想平台.

虽然 GIS 信息超高分辨显示需要同时完成大量地理信息数据的处理、显示渲染输出, 对计算设备的处理能力要求非常高, 但是, 通过构建集群并行拼接显示系统, 可为 GIS 超高分辨显示提供强大的计算平台. 集群并行 GIS 拼接显示系统由一台主节点控制器与多台子节点控制器通过网络互联组成, 其结构如下图所示:

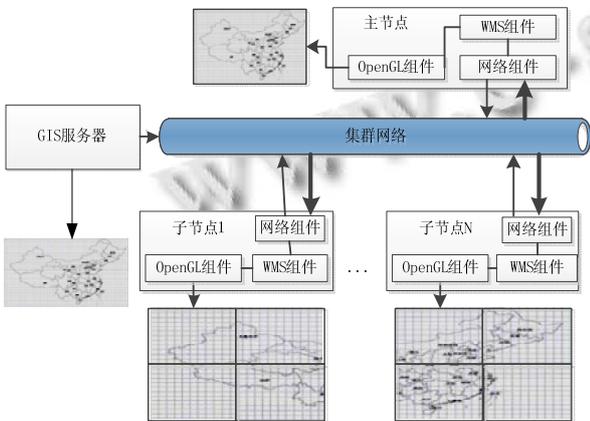


图 1 集群并行 GIS 拼接显示系统结构

其中主、子节点控制器间通过计算机网络传递控制指令和数据, 主节点控制器负责接收处理用户显示命令、完成计算资源的调度管理, 子节点控制器根据主节点控制器的指令, 发送 WMS 服务指令, 并行计算处理 GIS 数据, 为各显示单元提供相应的 GIS 图像信息, 完成 GIS 信息的渲染显示.

由于采用子节点控制器进行数据并行计算处理, 因此, 集群并行拼接显示系统具有信息处理能力强、显示分辨率高、扩展灵活、显示形状自由等优点.

3 WMS服务

网络地图服务(Web Map Service, 简称 WMS), 是由 OGC(Open Geospatial Consortium 开放地理空间联盟)制定的基于 HTTP 的地理信息网络通信协议, 为从 GIS 地图服务器中获取地理地图图片提供了标准接口, 被广泛用于实现分布式环境下跨平台、跨语言的异构地理空间数据共享和地理处理互操作^[11,12]. 目前几乎

所有的 GIS 平台都全面支持发布 WMS 服务, 如: 在国内广泛应用的 MapInfo、ArcGIS、MapGIS、SuperMap、NASA World Wind 等 GIS 平台.

WMS 客户端可以同时向多个不同类型的 WMS 服务器请求地图数据, 然后把它们组合成一幅地图进行显示. 也就是说, 可以请求来自 SuperMap、ArcGIS、MapInfo 等的地图数据进行合并显示, 解决了不同 GIS 平台的数据共享显示问题. 通过 WMS 的 Web 服务, 集群并行 GIS 拼接显示系统可获取各类 GIS 平台的地图数据, 具备了跨平台显示的兼容能力.

WMS 客户端向 WMS 服务器请求的数据不是整张地图数据, 而是由 URL 指定坐标和大小的小图片, 显示时, 将接收的小图片按坐标顺序进行拼接即可获得完整的地图数据了. 如图 2 所示, 图片分块的坐标是从左上角坐标(0, 0)开始的, 图 3 描述了 WMS 请求的实现过程.

Map(0,0)	Map(0,1)	Map(0,2)
Map(1,0)	Map(1,1)	Map(1,2)
Map(2,0)	Map(2,1)	Map(2,2)

图 2 图片分块坐标

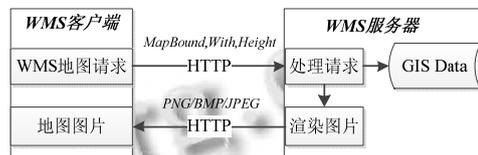


图 3 WMS 服务请求过程

在 WMS 服务规定的一系列地图请求指令中, GetCapabilities 和 GetMap 是必须实现的两种请求指令, 通常 WMS 客户端只需要处理这两种请求的返回即可完成 GIS 地图的基本显示.

- GetCapabilities 返回 WMS 服务相关参数, 包括 WMS 当前的版本号、图片的格式类型(如 PNG, BMP, JPEG 等)、地图的边界大小、地图的参考坐标系统、地图的图层信息等.
- GetMap 返回一张地图, 但在请求指令中需要提供地图的宽与高、地图的参考坐标系统、渲染风格、图片的格式类型等参数.

WMS 服务的请求指令是基于 HTTP 协议实现的, 其格式与 HTTP 的 URL 基本相似. 标准的 WMS 的

URL 格式为:

```
http://host[:port]/path[? { name [=value] & } ]
```

其中 http 为协议头, [] 中为可选部分, 如:

```
http://192.168.1.116?version=1.1.0&Request=GetMap
&SRS=EPSG:4326&BBOX=-97.105,24.913,78.794,36.358&Width=255&Height=255&Layers=Test&Format=image/png.
```

其中 192.168.1.116 表示地图服务器地址, 这里省略了端口号 80; Request 表示当前请求的指令类型; SRS 表示当前地图的投影类型; BBOX 表示获取地图的范围; Width 和 Height 表示获取图片的大小; Layers 表示获取地图中哪个图层; Format 表示获取图片的格式。

通过 GetMap 等指令, 集群并行 GIS 拼接显示系统的子节点控制器可以并行获取所需的 GIS 地理图片信息, 完成 GIS 超分辨率显示任务。

4 GIS渲染显示

GIS 渲染显示过程是从主节点控制器向各子节点控制器下达地图显示范围指令开始的, 各子节点控制器根据指令中的显示范围, 通过 WMS 服务指令向 GIS 服务器请求地图数据图片信息, 然后把获取的图片信息按照地图投影变换进行重新组合, 最后通过 OpenGL 纹理贴图完成渲染显示。

GIS 渲染输出显示的过程分为数据获取模块, 变换处理模块和渲染显示模块等三大处理模块, 各模块具体如下:

① 数据获取模块

数据获取模块在自定义 WMS 服务客户端的基础上, 发送 WMS 服务请求指令, 获取相关 GIS 数据信息。

为了充分发挥集群并行 GIS 拼接显示系统的强大并行计算能力, 可先通过主节点控制器获取整张地图的信息, 然后按照各子节点控制器连接的显示单元的组成结构, 计算出各子节点控制器的地图显示坐标范围, 进而自动生成各子节点控制器显示范围内的 WMS 请求指令, 通过各子节点控制器并行发送 WMS 服务请求指令, 实现地图超高分辨信息数据的并行获取。

由于 WMS 服务请求指令是相互独立的, 因此, 在子节点控制器内可以采用多线程实现内部的并行数据获取处理, 提高子节点控制器的 GIS 数据获取速度。

通过在子节点控制器内独立运行的数据获取模块的并行处理, 可合理规划子节点控制器的数量, 高速完成超高分辨 GIS 地图数据图片信息的获取任务。

② 变换处理模块

变换处理模块主要将数据获取模块中获得的图片缓冲数据按坐标信息顺序进行重新排列组合, 并对排列好的图片数据进行地图投影变换, 以保证平面显示的 GIS 地图坐标与地理坐标保持正确的对应关系。

由于地球是椭球体, 从 GIS 地图服务器上获取的数据图片是椭球体形状的, 而拼接显示系统显示的地图是平面的, 因此, 必须通过地图投影, 将椭球体上的 GIS 地图数据转换为平面的地图数据。GIS 中的地图投影变换有球面投影、兰勃特投影、正轴等距方位投影、墨卡托投影等十几种^[13], 而墨卡托投影在 GIS 地图数据转换中操作便利、应用广泛。通常, 可借助 Proj.4 开源库^[14]建立墨卡托投影, 投影参数的设置举例如下:

```
"+proj=merc+a=6378137+b=6378137+lat_ts=0.0+lon_0=0.0
+x_0=0.0+y_0=0+k=1.0+units=m+nadgrids=@null
+towgs84=0,0,0,0,0,0+wktext+no_defs".
```

参数中的 merc 表示投影类型为墨卡托投影; a 为地球的长半轴; b 为地球的短半轴; lat_ts 和 lon_0 为投影原点坐标; x_0 为水平偏移量; y_0 为垂直偏移量; k 为相对中央子午线的缩放因子; units 为投影坐标单位, 其值 m 表示米; 投影的大地基准面为 wgs84。

各子节点控制器完成地图投影变换, 将处理后的图片数据赋值给相应的显示着色器纹理数组, 即完成了 GIS 地图拼接显示前的数据准备工作。

③ 渲染显示模块

各子节点控制器中运行的渲染显示模块采用 OpenGL 纹理贴图方式完成变换处理后的 GIS 地图数据的渲染显示。

为提升请求指令响应的速度, WMS 服务提供的 GIS 图片通常为 256×256 的数据块, 在着色器进行纹理贴图渲染显示时, 可利用 GPU 并行算法实现纹理渲染显示, 着色器处理纹理数据块的主要代码如下:

```
uniform sampler2D gis_texture;
void main(void)
{
vec4 texture_color = texture2D(gis_texture, gl_TexCoord[0].st);
gl_FragColor = texture_color;
}
```

通过集群并行 GIS 拼接显示系统各子节点控制器的并行渲染显示, 拼接屏幕完成整张地图的超高分辨显示。

5 实验结果

传统的拼接系统显示通过拼接处理器投影放大 GIS 终端计算机显卡输出信号的方式,完成 GIS 地图信息在拼接屏幕上的投影显示,其显示分辨率受计算机显卡输出分辨率的限制,分辨率仅为 1920×1080,如下图所示:



图4 传统拼接系统的地图显示

而在相同比例尺下,集群并行 GIS 拼接显示系统的显示效果如图 5 所示:



图5 集群并行 GIS 拼接系统的地图显示

采用的集群并行 GIS 拼接显示系统由一台主节点控制器和三台子节点控制器组成,每台子节点控制器连接四块显示单元,地图的分辨率达到了 7680×3240.

通过对比以上地图的显示效果不难发现,集群并行 GIS 拼接系统显示的地图区域范围要大得多,显示分辨率更高,显示的地图信息量远大于传统拼接系统.随着拼接屏幕显示单元和子节点控制器数量的增加,集群并行 GIS 拼接系统能够极大地提高显示系统海量 GIS 数据的超高分辨率输出显示能力.

6 结语

实现 GIS 信息超高分辨率显示意义重大.本文针对 GIS 地图信息数据量大、分辨率高、处理难度大等特点,研究了集群并行显示、WMS 服务、GIS 渲染显

示等技术,提出了以计算机集群并行计算为基础,通过 WMS 并行获取 GIS 数据信息、地图投影变换处理数据、OpenGL 并行纹理渲染来完成 GIS 地图的超高分辨显示的集群并行 GIS 拼接显示系统,为交通运输、军事公安、城市管理、防灾减灾、生命线工程等指挥中心的海量 GIS 地图超高分辨显示提供了可行的解决方案.

参考文献

- 1 王景存,陈彬,陈和平.GIS 系统地图快速显示模型设计与实现.计算机工程与设计,2007,(5).
- 2 郑岚,陈奇.基于 LDAP 的统一访问控制系统的设计与实现.计算机工程与设计,2005,26(7):1865-1867.
- 3 王海涛,刘淑芬.基于 Linux 集群的并行计算.计算机工程与设计,2010,36(1).
- 4 Sacerdoti FD, Chandra S, Bhatia K. Grid systems deployment & management using rocks. IEEE International Conference on Cluster Computing. San Diego. September 2004.
- 5 Sacerdoti FD, Katz MJ, Papadopoulos PM. 411 on scalable password service, IEEE High Performance Distributed Computing Conference. North Carolina. July 2005.
- 6 Sacerdoti FD, Katz MJ, Massie ML, Culler DE. Wide area cluster monitoring with ganglia. IEEE International Conference on Cluster Computing. Hong Kong. December 2003.
- 7 Papadopoulos CA, Katz MJ, Link WJ, Bruno G, Papadopoulos PM. Configuring large high-performance clusters at lightspeed: A case study. Clusters and Computational Grids for Scientific Computing 2002, December 2002.
- 8 Katz MJ, Papadopoulos PM, Bruno G Leveraging standard core technologies to programmatically build Linux cluster appliances. IEEE International Conference on Cluster Computing(CLUSTR 2002). April 2002.
- 9 张珊.REST 式 GIS 服务聚合研究及软件开发[学位论文].上海:华东师范大学,2011.
- 10 OpenGIS Web Map Server Implementation Specification <http://www.opengeospatial.org/standards/wms> 2006.
- 11 诸云强,宫辉力,许惠平.GIS 中的地图投影变换.首都师范大学学报(自然科学版),2001,(3).
- 12 Cartographic Projection Procedures for the UNIX Environment—A User's Manual by Gerald I. Evenden. <http://trac.osgeo.org/proj/>.