文章编号: 2095-4980(2014)01-0097-06

基于瓦片金字塔模型的高分辨力岩心图像浏览

蔡 坪,吴晓红,何小海,李 旭

(四川大学 电子信息学院, 四川 成都 610064)

摘 要:相对低分辨力岩心图像,高分辨力岩心图像由于像素点较多,数据量较大,在传输、 处理和显示过程中都将占用很大的内存开销,传统的处理方式无法实现高分辨力岩心图像的浏览 显示。针对此问题,提出一种基于瓦片金字塔模型的瓦片图像分割技术,将原始高分辨力岩心图 像转换为以瓦片结构存储的具有多个分辨力层的标签图像文件格式(TIFF)图像,利用分块传输和分 块加载来实现高分辨力岩心图像在浏览器端的浏览显示。

Browse of the high-resolution core image based on tiled pyramid model

CAI Ping, WU Xiao-hong, HE Xiao-hai, LI Xu

(College of Electronic and Information, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610064, China)

Abstract: A huge amount of memory overhead would be occupied when the high-resolution core images are transferred, disposed and displayed compared to the low-resolution core images. The traditional solutions could not display a high-resolution core image online. A tiled image segmentation method based on tiled pyramid model is proposed to solve the problem. The original high-resolution images are firstly converted to Tagged Image File Format(TIFF) images with multiple resolutions, and then browsed and displayed by block transmission and sub-block loading in client browser.

Key words: tiled pyramid model; tiled image segmentation; Tagged Image File Format images; browse and display

高分辨力岩心图像在石油地质部门中应用越来越广泛。对于一段长为 20 cm, 直径 10 cm 的岩心实物, 按照 常见 400 dpi 分辨力扫描获得的滚扫图像的像素点个数为 4 944×3 148, 转化为 JPEG 格式图像后, 大小约为 2.5 MB。当对同一岩心实物采集 1 200 dpi 的高分辨力滚扫图像时,长宽像素点个数都为原图像的 3 倍,数据量就为 原图像的 9 倍,采用同一压缩比转化为 JPEG 图像后,大小约为 23 MB。可见相对于普通分辨力岩心图像,高分 辨力岩心图像数据量巨大,在上传服务器过程中容易造成服务器无法响应,同时由于无法分配足够大的内存空间, 服务器端对高分辨力图像的缩放、旋转等相关处理也无法进行,而在客户端浏览器显示图像时,采用传统的超文本传输协议(HyperText Transfer Protocol, HTTP)经常会因数据量过大而传输失败,造成无法浏览^[1]。针对此问题, 在上传高分辨力岩心图像时调用开源的 VIPS 图像处理库,将其转化为基于瓦片金字塔模型且具有多个分辨力层 的 TIFF 格式图像。服务器端设计一个基于开源 IIPImage 组件的分块瓦片图像传输模块,客户端采用网际网络影像协议(Internet Imaging Protocol, IIP)来请求访问 TIFF 格式分块瓦片图像,客户端浏览器将请求到一系列分块瓦片图像拼合起来,实现高分辨力岩心图像的完整显示。整个浏览显示的流程图如图 1 所示。

1 瓦片金字塔模型分块图像构建

1.1 金字塔模型简介

由包含原始图像和一系列空间分辨力依次降低的图像组成的一个图像序列即为金字塔模型^[2]。分辨力从顶层 到底层依次增加,最低分辨力图像位于顶层,原始图像位于底层。

实际应用中金字塔模型的每层图像的分辨力从上到下按 照一定的倍率增加,同时每层图像表示的范围相同, 式(1)表示金字塔模型中任意层的分辨力。令高分辨力岩心图片 的原始分辨力为 r_a, l表示层数, h表示金字塔相邻层之间的 倍率,则第1层的分辨力r,为:

$$r_l = r_0 \times h^{-l} \tag{1}$$

1.2 高分辨力岩心图像的瓦片分块

按照一定尺寸将高分辨力岩心图片分割成多个矩形图像 块,"瓦片"即指单个矩形图像块,将独立压缩存储的各个瓦片 图像块按一定的索引规则组合起来,可实现整幅高分辨力岩心 图像的浏览显示。

综合考虑瓦片分块图像索引规律、服务器运行效率、金字 塔模型自身特性等因素,本文对高分辨力岩心图像的瓦片分块 设定的规则为:对于除顶层外的每层图像,从左上角开始,从 左到右,从上到下,按照大小为 256×256(像素)的正方形划分 瓦片。最右端瓦片长度小于或等于 256 像素,最下端的瓦片宽 度小于或等于 256 像素。

1.3 高分辨力岩心图像瓦片金字塔的构建

高分辨力岩心图像瓦片金字塔按如下规则构建:金字塔的 底层拥有最高分辨力,故将原始的高分辨力岩心图像作为底 层,对该层按 1.2 节中的分块规则进行瓦片分块,形成底层瓦 片图像矩阵。将底层瓦片图像矩阵中每 2×2 个像素合成一个新 像素,生成上一层的缩放图像,缩放图像的分辨力为其下一层 图像的一半,但图像表示的范围不变,该层图像同样按照相同 规则进行瓦片分块,形成该层的岩心瓦片图像矩阵^[3]。重复以 上步骤,分块结束的标志是新合成的岩心瓦片图像的长或者宽 小于 256 个像素点,将此瓦片图像作为岩心图像瓦片金字塔的 顶层。将这种从底层到顶层分辨力依次减半的瓦片金字塔模型 称为"二倍率"瓦片金字塔模型^[4],该模型结构如图2所示。图3 为岩心图像进行瓦片分块的效果图。

岩心图像瓦片金子塔索引的设计 2

2.1 瓦片金字塔的四叉树索引概述

对瓦片图像的准确定位,是高分辨力岩心图像浏览功能的关键,因此需要对岩心图像瓦片金子塔的每一块瓦 片图像按一定规则设计唯一索引。根据 1.3 节描述 的"二倍率"瓦片金字塔模型的特点,选择四叉树结 构作为岩心瓦片金字塔索引的数学模型。"二倍率" 岩心图像瓦片金字塔模型中,每块低分辨岩心瓦片 图像对应分辨力为其2倍的4块岩心瓦片图像^[5], 而四叉树结构中一个父节点最多对应4个子节点, 因此可以通过四叉树结构来描述"二倍率"岩心图 像瓦片金字塔模型。四叉树结构如图4所示。

2.2 岩心瓦片的索引设计

岩心图像瓦片金字塔模型与四叉树结构的具体对应关系为:四叉树结构的每一层与岩心图像瓦片金字塔的每



图 4 四叉树结构





the click of user ragging, amplification, shrink)

search target tiled image

transfer the target tiled index

use IIP image module to load the target tiled

transfer target tiled to browser by IIP treaty

load the new target tiled on client page after

removing the old tiled

finish the display

Fig.1 Browse flowchart of the high-resolution image

Fig.2 Tile pyramid model of second magnification image 图 2 二倍率图像瓦片金字塔模型



Fig.3 Chunked effect diagram of core image tiles 图 3 岩心图像瓦片分块效果图

一层一一对应,四叉树结构的某一层的节点与岩心图像瓦片金字塔的相应层瓦片图片节点一一对应。据此,建立 瓦片矩阵,以左上角的瓦片为坐标原点(0,0),从左到右,从上到下为正方向。在岩心图像瓦片金字塔的第1层中, 设定该层岩心图像的左上角像素坐标为(0,0),右下角点像素坐标为(x_{br},y_{br}),在 1.2 节中设定单块瓦片图像的长 宽像素值为固定值 *i* = 256 个像素,则该层中瓦片图像行数 *Row* 为:

$$Row = \left[y_{br} / i \right] \quad (y_{br} \neq 0) \tag{2}$$

该层中瓦片图像列数 Col 为:

$$Col = \left\lceil x_{br} / i \right\rceil \quad (x_{br} \neq 0) \tag{3}$$

式中「门符号为向上取整算式。

若已知第1层上某块瓦片图像的坐标(x_i, y_i),则该瓦片左上角像素坐标(X_{ii}, Y_{ii})为:

$$\begin{cases} X_{ul} = ix_l \\ Y_{ul} = iy_l \end{cases}$$
(4)

该瓦片的右下角像素坐标(X_{br},Y_{br})为:

$$\begin{cases} X_{br} = i(x_l + 1) - 1 & (x_l \neq Col) \\ X_{br} = x_{br} & (x_l = Col) \end{cases}$$
(5)

$$\begin{cases} Y_{br} = i(y_l + 1) - 1 \quad (y_l \neq Row) \\ Y_{br} = y_{br} \qquad (y_l = Row) \end{cases}$$
(6)

当前瓦片在该层岩心图像中的(x₁, y₁)范围可由瓦片图片左上角坐标(X_{u1}, Y_u)和右下角坐标(X_{br}, Y_{br})确定。 若已知某一层某个像素点坐标(P_x, P_y),则该像素点在该层所在的瓦片坐标(x₁, y₁),由式(7)求出:

$$\begin{cases} x_{l} = \left\lfloor P_{x} / i \right\rfloor \\ y_{l} = \left\lfloor P_{y} / i \right\rfloor \end{cases}$$
(7)

式中| |符号为向下取整算式。

根据以上公式^[6]可知,可由金字塔层、瓦片图像坐标联合组成的参数(*l*,(*x_l*, *y_l*))来标定岩心图像瓦片金字塔模型中的任意一块瓦片图片。与之对应的四叉树节点可用一个三维参数(*x_l*, *y_l*,*l*)进行编号,由于 IIP 协议需要传递的瓦片索引只有 2 个参数,所以设计一个哈希函数将(*x_l*, *y_l*)映射成一个参数 *T*,则(*x_l*, *y_l*)与*T*——对应。通过传递二维数组(*T*,*l*),即可请求到相关的岩心瓦片图像,传输至浏览器。

2.3 高分辨力岩心瓦片图像间的拓扑关系分析

高分辨力岩心瓦片图像间的拓扑关系^[4]包括以下几种:a)子层图像节点与父层图像节点的关系,每个子层图像节点有且仅有一个父层图像节点;b)同一层图像节点间的邻接关系,分别是上、下、左、右 4 个方向上邻接的岩心瓦片图像;c)父层图像节点与子层图像节点间的关系,每个父层图像节点对应左上、左下、右上、右下4 个方向上子层的 4 个图像节点。3 种拓扑关系如图 5 所示。



图 5 石心癿斤图像的 5 种拍扑天

假设目标瓦片坐标为 (x_l, y_l, l) ,则3种拓扑关系换算公式如下:

1) 子层对应的父层的瓦片图像节点为: $([x_l/2], [y_l/2], l+1)$ 。

2) 上、下、左、右4个方向上的邻接瓦片图像节点分别为: (x₁, y₁-1,l), (x₁, y₁+1,l), (x₁-1, y₁,l), (x₁+1, y₁,l)。
3) 左上、左下、右上、右下 4 个方向上的子层瓦片图像节点分别为: (2x₁, 2y₁, l-1), (2x₁, 2y₁+1, l-1), (2x₁+1, 2y₁, l-1), (2x₁+1, 2y₁, l-1).

2.4 视场内所需岩心瓦片图像的搜索

当用户对当前屏幕视场内的高分辨力岩心图片进行缩放或者平移操作时,所请求的目标瓦片索引要根据 2.3 节的拓扑关系进行变化,这就需要重新搜索满足当前操作的瓦片索引,并将对应的瓦片图像显示在屏幕视场内。

用户对当前显示在屏幕视场内的岩心图片的操作分为以下3种类型:

 缩小视场内岩心图像,即在瓦片金字塔模型中向上层的低分辨力层变换。对应上一节中的子层瓦片图像 与父层瓦片图像的拓扑关系。

2) 对视场内岩心图像向上,下,左,右4个方向进行拖动。即在瓦片金字塔模型中的同一层内重新选择岩 心瓦片图像,对应上一节中的同一层岩心瓦片图像邻接拓扑关系。

3) 放大视场内岩心图像,即在瓦片金字塔模型中向下层的高分辨力层变换。对应上一节中的父层瓦片图像 与子层瓦片图像拓扑关系。

通过以上操作,就可以在客户端浏览器执行图像的拖动浏览和放大缩小当前图像,此时只需搜索对应的瓦片 图像传输到客户端浏览器,有效减少了所需内存开销。

2.5 利用 TIFF 文件存储分层的瓦片图像

TIFF 文件由文件头(Image File Header, IFH)、图像文件目录(Image File Directory, IFD)、图像数据(Image Data, ID)三部分组成^[7]。从 TIFF 6.0 标准规范中得知,一个 TIFF 文件中可以包含多个 IFD,而每个 IFD 可以定义一个能描述相关的图片的子文件。TIFF 提供一系列标记,可用来唯一标识某个 IFD 子文件,所以可用 TIFF 文件来存储具有多个分辨力层的瓦片金字塔模型^[8]。

在 TIFF 标准规范中指出,可以用正方形的瓦片来组织图像的存储^[7]。以瓦片图像块来组织图像数据存储时, 瓦片宽度的像素用 TileWidth 条目标识,瓦片高度的像素用 TileLength 条目标识。按从左到右,从上到下的顺序 对瓦片编号,瓦片图像的大小用 TileByteCounts 条目项存储,每块瓦片图像在该层中的字节偏移量用 TileOffsets 条目存储。

实际编码中,在上传图像到服务器时利用开放源代码的 VIPS 图像处理库,按照相应转换规则将其转换为多分辨力瓦片金字塔模型结构的 TIFF 图像文件,供服务器端调用传输。

3 服务器端瓦片图像传输模块设计

当客户端浏览器请求传输高分辨力岩心图像^[9]时,服务器端需要根据瓦片金字塔模型索引规则传输对应的瓦 片图像块。此时传统的 HTTP 协议传输整个图像文件显然不满足要求^[10-11]。我们引进嵌入 IIS 服务器(Internet Information Server)的 IIPImage 组件和 IIP 协议。

IIPImage 是一个开源图像服务器组件,它能依据索引快速检索到 TIFF 图像中的瓦片图像块,同时能满足大量客户端的并发请求,快速将大量目标瓦片图像通过 IIP 协议传输出去。

通过 IIP 协议和 IIPImage 组件的服务,进行相应的配置,就可请求到正确的瓦片图像块。客户端浏览器通过 IIP 协议,以 URL(Uniform Resource Locators)的方式向 TIFF 图像中某个具有特定索引值的高分辨力岩心瓦片图 像发出请求,服务器端接收到请求后,经 IIPImage 组件检索到对应瓦片图像,通过 IIP 协议将相关瓦片图像发送 至客户端浏览器。

4 实验结果

选用一段长度为 20 cm, 直径为 10 cm 的岩心, 扫描获取一幅 1 200 dpi 高分辨力岩心滚扫图像, 图像大小为 22.6 MB(像素为 14 536×9 448), 所用服务器和客户端的 2 台电脑配置相同的联想计算机, CPU 为 Intel core2 E7500, 主频为 2.93 GHz, 内存为 2.00 GB。先将该图像通过客户机上传服务器, 此过程中调用服务器端 VIPS 库生成 TIFF 格式图像, 经过计时, 完成整个上传过程所需时间约为 3 s。在客户端电脑用 IE8 浏览器按照本文所

述方式加载相应图像,在加载图像时,通过任务管理器观察客户端电脑,内存从1106 M上升到1148 M,而直接用该电脑 IE8 浏览器加载原始图像,内存从1112 M上升到1186 M,而且图像显示失败,可见本文所述方法 能成功实现高分辨力图像浏览且节省内存开销。图 6~图 8 是按本文所述方法加载图像的结果图。其中图 6 是加 载图像的结果,图 7 是缩小图像的结果,图 8 是放大图像的结果,图 9 是向右拖动图像的结果。其中每幅图像的 右上角小图像是原图像的缩略图,缩略图中有框区域为当前视场内显示的区域。



Fig.8 Zooming in image 图 8 放大图像

Fig.9 Dragging the image to the right 图 9 向右拖动图像

由上述结果可知,基于瓦片金子塔模型的处理方式能够很流畅地实现高分辨力岩心图像在客户端浏览器的浏 览,放大,缩小等操作。

5 结论

本文针对高分辨力岩心图像在浏览显示中存在的问题,在高分辨力岩心图像上传服务器时,调用 VIPS 库, 将其转换为基于瓦片金字塔模型的 TIFF 格式多分辨力岩心图像,客户端浏览器通过 IIP 协议请求岩心瓦片图像, 服务器端通过 IIP 协议和 IIPImage 组件依据瓦片索引,将对应岩心瓦片图像传输到客户端浏览器,并在客户端浏 览器对岩心瓦片图像平铺拼合,实现高分辨力岩心图像浏览显示。

参考文献:

- [1] 徐娟秀. 基于 HTTP 协议的大容量数据高速采集与分析系统的设计与实现[D]. 北京:北京邮电大学, 2012. (XU Juanxiu. Design and Implementation of large capacity data based on HTTP protocol collection and analysis at high speed system[D]. Beijing:Beijing University of Post and Telecommunications, 2012.)
- [2] Tanimoto S,Pavlidis T. A hierarchical data structure for picture processing[J]. Computer Graphics and Image Processing, 1975,2(4):104-119.

- [3] 李航. 遥感图像在空间数据库中的存储与应用开发研究[D]. 合肥:中国科学技术大学, 2005. (LI Hang. The development and research of storage and application of remote sensing image in the spatial database[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2005.)
- [4] 殷小静,慕晓冬,徐义文,等. 海量地形数据的管理和交互策略优化[J]. 计算机应用, 2011,31(9):2465-2467. (YIN Xiaojing,MU Xiaodong,XU Yiwen,et al. Optimized management and interactive strategy for massive terrain data[J]. Journal of Computer Applications, 2011,31(9):2465-2467.)
- [5] 邓雪清. 栅格型空间数据服务体系结构与算法研究[D]. 郑州:中国人民解放军信息工程大学, 2003. (DENG Xueqing. Grid spatial data services architecture and algorithm research[D]. Zhengzhou:PLA Information Engineering University, 2003.)
- [6] 贲进. 地球空间信息离散网格数据模型的理论与算法研究[D]. 郑州:中国人民解放军信息工程大学, 2005. (BEN Jin. The research of geospatial information discrete grid data model theory and algorithms[D]. Zhengzhou:PLA Information Engineering University, 2005.)
- [7] Adobe. Adobe TIFF Specification 6.0[R]. Mountain View: Adobe Systems Incorporated, 1992.
- [8] 刘镇. 遥感影像瓦片金字塔模型[J]. 科技创新导报, 2008(6):199-200. (LIU Zhen. Remote sensing image based on tile pyramid model[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2008(6):199-200.)
- [9] 刘金明,吴晓红,滕奇志. 基于邻近像素点和小波去噪的岩心图像修复[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2012,10(1):
 103-106. (LIU Jinming,WU Xiaohong,TENG Qizhi. The core image restoration based on neighboring pixels and wavelet denoising[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2012,10(1):103-106.)
- [10] 李兰瑛,李晓芸. 基于脚本和 URL 传递参数的 Web 部份访问控制技术[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2010,8(3): 349-352. (LI Lanyin,LI Xiaoyun. The portion of the WEB access control technology based on the script and the URL passing parameters[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2010,8(3):349-352.)
- [11] 李旭. 实物地质信息管理系统关键技术研究与实现[D]. 成都:四川大学, 2012. (LI Xu. Research and Implementation on Key Technology for Geological Material Data Information Management System[D]. Chengdu:Sichuan University, 2012.)

作者简介:



蔡 坪(1987-),男,湖北省黄冈市人,在 读硕士研究生,主要研究方向为图像处理与网络 通信.email:caiping0713@qq.com. **吴晓红**(1970-),女,四川省射洪县人,博士, 副教授,主要研究方向为图像处理、模式识别.

何小海(1964-),男,成都市人,博士,教授, 主要研究方向为通信与信息处理、图像处理.

李 旭(1985-),男,湖南省衡阳市人,在读硕士研究生,主要研究方向为计算机图像处理.