

遥感影像分级压缩及渐近传输系统的设计

石翠萍^{1,2}, 张钧萍¹, 曲海成¹, 陈浩¹, 王艳春²

(1 哈尔滨工业大学 电子与信息工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001;

2 齐齐哈尔大学, 通信与电子工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 150006)

摘 要: 针对目前遥感影像金字塔存储方式造成的数据量过大, 以及数据传输完毕再完全解压导致的用户等待问题, 提出了一个分级压缩及渐近传输系统, 使遥感影像能够在虚拟地球平台快速、平滑的发布。实验结果表明, 该系统能够有效减少数据存储量, 并实现了数据的渐进传输、实时解压和渐进显示, 缓解了用户等待的感觉。

关键词: 分级压缩; 渐近传输; 虚拟地球; 遥感影像; 实时

中图分类号: TP751.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)08-0005-05

Research on the Hierarchical Compression and Progressive Transmission System of Remote Sensing Image

SHI Cui-ping^{1,2}, ZHANG Jun-Ping¹, QU Hai-cheng¹, CHEN Hao¹, WANG Yan-chun²

(1 Department of Electronic and Information Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China.

2 Department of Communication and Electronic Engineering, Qiqihaer University, Qiqihaer 151006, China)

Abstract: Focus on the problem that the large amount of data storage caused by using the remote sensing image pyramid, and the waiting feeling of user that caused by the way that the compressed data stream can not be decompressed until it is transmitted completely, a hierarchical compression and progressive transmission system is proposed in order to release the remote sensing image to the virtual earth platform fastly and smoothly. The experimental results show that the proposed system can reduce the data storage effectively, and implement the progressive transmission of data, real-time decompression and display the tiles progressively, and relieve the feeling of waiting for the users effietively.

Key words: hierachical compression; progressive image transmission; virtual digital earth ; remote sensing image; real time

1 引言

随着地理信息系统(GIS)和遥感技术的发展,“数字地球”的概念随之提出,“数字地球”在今天,面临着很多挑战。一方面,利用多种机载或星载传感器,获取的是多时相、多波段、多分辨率的对地观测数据。另一方面,传感器技术的发展,使遥感影像数据量比原来更巨大,1米分辨率民用卫星的发射成功,将遥感和GIS更加紧密的结合。为了实现遥感影像在Internet上的快速发布,现有方法通常是构

建影像金字塔,对于金字塔的各层,将其分割成相同大小的互不重叠的瓦片,并将所有瓦片实现压缩后存储在数据库中^[1]。文献[2-4]提出了不同的压缩瓦片纹理的方法。的确,这种存储金字塔瓦片的方法比较方便调度,然而这是以存储空间的极大浪费为代价的。从数学角度看,存储金字塔的数据量和只存储原始大小图像相比,数据量增加了1/3倍。从另一个角度看,这种直接传输瓦片压缩码流的方式,客户端需要等整个码流接收完全后才能解压,容易造成用户主观等待时间过长。

收稿日期: 2013-10-09; 修回日期: 2013-11-30

基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12521614); 齐齐哈尔大学青年教师科研启动项目(2011K-M11)

针对该问题,本文提出了一个分级压缩及渐近传输系统.

2 遥感影像分级压缩及渐近传输系统总体设计

本文设计了一个遥感影像分级压缩并渐进传输的系统,能够实现遥感影像的分级压缩、渐进传输、实时解压和渐进显示.系统共分为三个主要模块:压缩中心、解压缩中心和调度中心.系统总体框图如图1所示.其中,解压缩中心程序部署在节点1上,以保证接收到码流后立即解压并显示;压缩中心程序部署在节点3上,以保证影像入库后立即离线压缩,生成分级压缩码流.调度中心程序部署在节点2上,针对异构环境下多用户并发数据交互的要求,调度中心设计统一的数据交互 Web Service 接口,完成不同数据类型转换及映射工作.此外,在图1中,还安排了节点4,该节点不经过显示中心,是直接提供大数据量下载的.

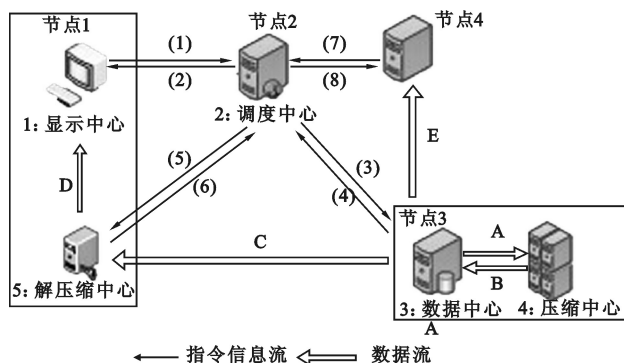


图1 分级压缩与调度系统总体框图

指令信息流解译如下:

(1)显示中心发送检索信息给调度中心,由调度中心解析指令;

(2)调度中心给显示中心反馈一个信号,表示指令已收到.

(3)调度中心发送解析后的指令给数据中心;由数据中心根据指令内容,进行经纬度到瓦片坐标的转换,然后确定瓦片对应压缩码流的位置信息;

(4)数据中心反馈位置信息给调度中心,表示码流已找到;

(5)调度中心发送指令给解压缩中心,表示有数据需要解压,做好准备;

(6)解压缩中心反馈指令给调度中心,表示已准备好;

(7)若要通过文件共享的方式从数据中心下载

遥感大图像数据,先发送指令给调度中心,表示请求传输哪些数据;

(8)调度中心反馈信号,表示已找到请求数据的位置,可以开始下载.

图像信息流解析如下:

A—对数据中心的每幅遥感影像的每个瓦片,送入压缩中心进行分级压缩,生成多段码流;

B—生成的码流送回数据中心存储,并编号以方便查找;

C—数据中心将客户端请求的码流送至解压缩中心解压;

D—解压缩中心实时解压收到的码流,并立即送至显示端进行影像更新.

E—从数据中心直接下载数据.

3 遥感影像的分级压缩模块设计

为了满足用户对图像尺度和分辨率等级的需求,一种合理的方法是将原始的遥感影像进行剖分,并在此基础上研究支持多尺度、多分辨率的分级压缩技术,使得对每一个分块都能进行渐进传输.针对该需求,设计了针对遥感图像的分级压缩算法,分级压缩和数据组织框图如图2所示.

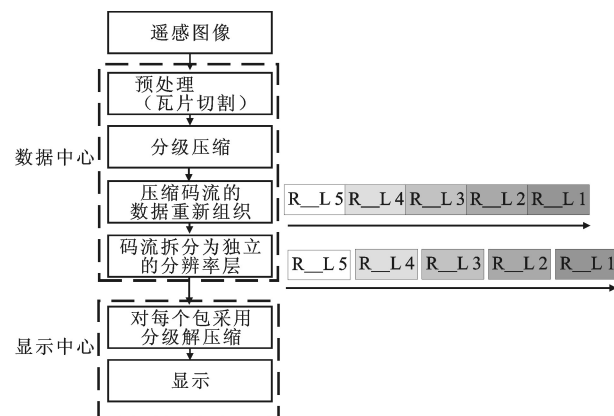


图2 遥感图像的分级压缩和数据组织框图

如前所述,压缩中心嵌入到数据中心,解压缩中心嵌入到显示中心.遥感图像经瓦片切割后,先用分级压缩算法进行压缩,得到一个总的比特流.为了在渐近传输中,使客户端在前几个阶段就看到清晰的图像,应尽可能将影像重要的信息先传输,细节信息后传输,故需要对码流数据拆开后重新组织.为了使每段码流都能独立的显示,应将总的码流截断为多个短的码流,并加入头信息,成为多个数据包.每个数据包的包头都包含了该段码流的总长度,在接收端能根据包头信息判断该包是否接收完毕,若接收

完毕则立即送入解压中心进行解码,并对球上的影像实时更新.下面将对各子模块进行详细说明.

3.1 遥感影像分级压缩解压算法

对一副遥感影像,其分级压缩解压算法如图3所示.

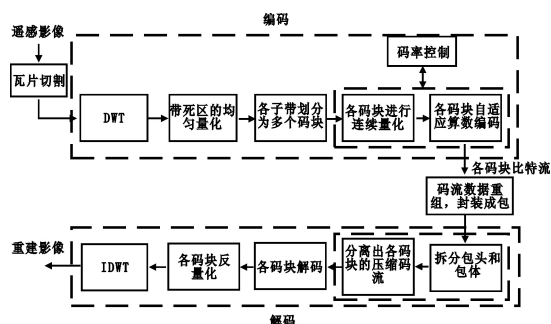


图3 遥感影像瓦片的分级压缩算法

分级压缩过程如下:

(1) 小波变换

由于 Daubechies 9/7 阶浮点滤波器组在有损压缩中性能优越,故实验中采用 9/7 小波滤波器.

(2) 带死区的均匀量化

根据 Berger 早期的理论^[5],若后面用熵编码,那么具有等间隔阈值的量化器可以作为最佳量化器,该结论对高码率和低码率均适用.因此,几乎所有的高性能算法都采用“某种均匀量化+熵编码”.值得注意的是,连续量化实际上也是一种均匀量化,但文献^[6]提出,这种连续细化的描述仅在信源具有特定马尔科夫性质时为最佳.这说明,对于给定的码率或失真,“单通道”量化器应比“多通道连续细化”量化器更有效,因为“单通道”量化器没有连续细化的限制,对给定的量化级,每次都重新搜索最佳的量化分割.

基于这种量化分析,对每个小波子带,实验中采用中央有“死区”的均匀量化器,死区的宽度是量化步长的二倍.各子带的量化步长是不同的.对每个子带 b ,可先选择一个基本量化步长 Δ_b , Δ_b 可根据子带视觉特性或码率控制要求决定.

(3) 码块的划分

为了使码流的组织更为灵活,对每个小波子带,均将其划分为若干大小相同、互不重叠的码块,后面的量化和编码均是对各个码块进行.

(4) 码块的量化

由于要进行渐近显示,故必须生成嵌入式比特流,其特点是后面的信息是对已有信息的细化,这就决定了码块必须以连续近似的方式量化.本文采用

按位平面连续近似的量化方式.

(5) 码块的编码

对各个码块,采用基于自适应上下文的算术编码.

(6) 码率控制

传统的压缩方法如 JPEG2000 是以通道为最小单位的,但该方法最后所有选入的通道的长度之和很难精确达到目标码流长度.本文将码流控制深入到通道内进行,将码率控制的最小单位更加细化,由通道变为通道内部的数据.这样能够使码率控制的更精确,更易于与动态的网络带宽匹配.

分级压缩完毕后,会生成一个总的码流,将该码流拆分,重组,并加入包头封装成包.当客户端需要某一部分信息的时候,将相应的包传至解码端.解码端根据包头信息确定包的长度,当一个包接收完毕后立即解压缩,对包内的各码块分别解码,该过程是编码的逆过程.

3.2 遥感影像数据组织

分级压缩后生成一串压缩码流,为了实现影像的多分辨率显示,并使客户端在前几个阶段能看到尽可能清晰的图像,应对压缩码流进行数据重新组织,以保证重要内容在前,后面的数据是对前面已有数据的细化,即生成嵌入式码流.该过程可用式(1)表示:

$$V = (((((V_0) + \Delta_1) + \Delta_2) + \dots + \Delta_n)) \quad (1)$$

式中, V 表示目标影像, V_0 表示基本质量影像对应的码流, $\Delta_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 代表 n 个不同质量等级对应高的码流增量.随着 n 的增加,目标影像将越来越清晰.

遥感图像的分级压缩和数据组织流程图如图2所示.在数据组织方式上,采用了层、包和码块的结构,其关系如图4所示.

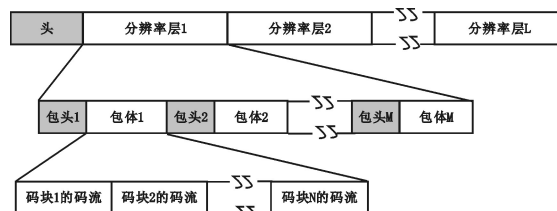


图4 分辨率层、数据包和码块的关系

假设图像共分为 5 个分辨率层,则数据组织后的各分辨率层码流可表示为 $R_L_1, R_L_2, R_L_3, R_L_4, R_L_5$. R 为 Resolution(分辨率), L 为 Level(层).为了能够实现增量码流的传输,还需要将整个的数据组织后的码流按分辨率拆分,即每一

级分辨率层对应一个码流增量. 其中 R_L_1 表示最核心的码流, 即图像的低频部分, 其余的 $R_L_i (i=1, 2, 3, 4)$ 均表示增量码流, 当前的图像与增量码流叠加, 即可得到更高一级分辨率的图像.

4 遥感影像渐近传输模块设计

遥感影像渐近传输模块是海量遥感空间数据调度与压缩传输系统的重要模块. 该模块主要实现 C/S 结构下, 提供基于 Socket 传输协议的接口, 实现遥感影像码流传输、解压缩和渐进显示的功能. 模块整体流程如图 5 所示.

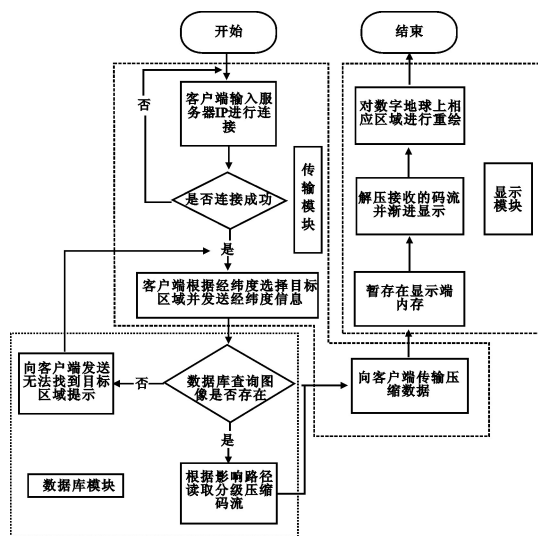


图 5 渐近传输模块总体流程图

4.1 数据库子模块设计

系统数据库主要实现对遥感图像信息的存储. 通过存储遥感影像的所在地图名、分块名、地理坐标、在物理硬盘上存储位置等信息, 服务端可以根据客户端发送的图像申请找到该图像的位置.

4.2 渐近传输子模块的设计

主要实现将客户端选择区域的经纬度坐标送至数据库端, 当查找到压缩码流所在位置后, 按用户请求的分辨率级将压缩码流传至客户端. 由于客户端一面接收数据, 一面需要对接收的码流解压, 故需要两个线程完成该过程. 具体过程如图 6 所示.

4.3 显示子模块的设计

显示端的功能是将接收的各段码流解压缩并显示. 如图 6 所示, 当一个码流传至显示端时, 先放入内存中, 先根据该段码流的包头确定码流的长度, 当写到内存中的码流长度达到该长度时, 说明该段码流已传输完毕, 立即调用解压缩程序解压, 根据解压的结果, 对数字地球相应区域的瓦片进行重绘,

即动态更新. 随着传输码流数目的增多, 显示的影像瓦片越来越清晰.

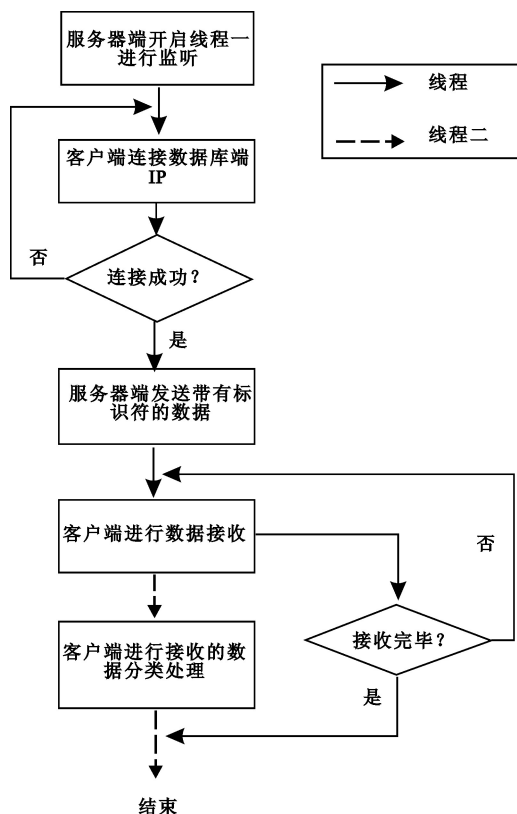


图 6 传输模块流程图

5 实验及结果分析

为了验证分级压缩和渐近传输的效果, 根据以上分析与模块设计流程, 采用一副大小为 1024×1024 的遥感影像, 分割瓦片大小为 256×256 . 硬件环境为三台电脑, 其中数据中心和压缩中心一台电脑, 调度及传输一台电脑. 解压中心和显示中心一台电脑, 配置为 Pentium 4 处理器, 2 GB 内存, Windows 2000 系统. 软件环境为 Visual Studio 2010, OpenCV 2.4, 编程语言为 C++.

从这些结果可以看出, 分级压缩的码流经传输后, 显示端能够实时接收并解压缩收到的包, 解压完毕立即进行显示. 随着所接收的码流信息的增多, 显示影像的细节迅速增加, 从视觉上可以由影像概貌快速过渡到最清晰. 由于分级压缩的各段码流均有自己的标识位, 可以独立解压, 相比于传统的整个码流全接收完才能解压的方法, 这种渐近传输的方式能够更快的为客户端提供影像, 该优点在低带宽的网络环境下体现尤为明显.

6 结束语

本文针对目前遥感影像金字塔存储方式造成的

数据量过大,以及数据传输完毕再解压导致的用户等待问题,提出了一个分级压缩及渐近传输系统.通过这种方式,实现了数据的渐进传输、实时解压和渐进显示,克服了传统方法中影像“阶跃”显示的问题,使遥感影像能够在虚拟地球平台快速、平滑的发布.这种质量的流式数据传输模式,降低了对网络带宽的需求,为提高虚拟地球平台上遥感影像的网络发布效率提供了更好的解决方法.

参考文献:

- [1] 李小雄,伍清河.高正则二维小波的构造及在遥感图像编码中的应用[J].微电子学与计算机,2009,26(3):38-40.
- [2] Yang Chaowei, David wong, Yang Ruixin, et al. Performance-improving techniques in web-based GIS[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2005, 19(3): 319-342.
- [3] 刘鹏,毕建涛,曹彦荣,等.遥感影像数据库引擎设计与实现[J].地球信息科学,2005,7(2):105-110.
- [4] 张军,成礼智,杨海滨,等.基于纹理的自适应提升小

波变换图像压缩[J].计算机学报,2010,33(1):184-192.

- [5] 霍亮,杨耀东,刘小勇,等.瓦片金字塔模型技术的研究与实践[J].测绘科学,2012,11(37):144-146.
- [6] 李艳红,庞小平,李海亭.网络环境下的遥感影像金字塔纹理压缩算法与实验[J].地球信息科学学报,2012(14):109-115.

作者简介:

石翠萍 女,(1980-),博士研究生.研究方向为遥感影像的压缩.

张钧萍 女,(1970-),博士生导师,教授.研究方向为遥感影像分析与应用、遥感影像分析.

曲海成 男,(1981-),博士研究生.研究方向为遥感影像的调度与传输.

陈浩 男,(1978-),博士,副教授.研究方向为遥感影像的压缩.

王艳春 女,(1974-),副教授.研究方向为遥感影像分析.

(上接第4页)

整B网的训练步长,使B网的收敛速度更快,并将此模型应用于车牌定位过程^[6-7].

本文车牌的第一次定位和精确定位过程均采用独创的方法,与传统图像处理方法相比,速度快,精度高.

参考文献:

- [1] 俞克强,宫宁生,徐昊骞.商场客流量中改进BP神经网络的应用[J].微电子学与计算机,2013,30(2):65-68.
- [2] 黄艳国,赵书玲,许伦辉.基于纹理特征和颜色匹配的车牌定位方法[J].微电子学与计算机,2011,28(9):123-126.
- [3] 陈兆学,施鹏飞.基于灰度图像的车牌快速定位和分割方法[J].计算机工程,2006,32(5):173-174.

[4] 章毓晋.图像工程(下):图像理解与计算机视觉[M].北京:清华大学出版社,2000.

[5] 杨淑莹.VC++图像处理程序设计[M].北京:清华大学出版社,2005.

[6] Neubauer C. Evaluation of convolutional neural networks for visual recognition [J]. Neural Networks, 1998, 9(4): 685-696.

[7] Fukushima K. Neocognitron: a hierarchical neural network capable of visual pattern recognition [J]. Neural Networks, 1988, 1(2): 119-130.

作者简介:

章晔炜 男,(1989-),硕士研究生.研究方向为人工神经网络、图像处理.

宫宁生 男,(1958-),教授,硕士生导师.研究方向为模式识别、神经网络.