

文章编号: 1007-4619 (2001) 05-0388-08

基于 JPEG2000 标准的遥感影像 在 Web GIS 上的应用

王宇飞¹, 杨崇俊¹, 郝鹏威², 蒋晓瑜¹

(1. 中国科学院 遥感应用研究所遥感信息科学开放研究实验室, 北京 100101; 2. 北京大学 视觉与听觉处理国家重点实验室 100871)

摘 要: 基于 Internet/Intranet 的开放式地理信息系统 Web GIS, 为人类共享遥感影像这一人类共同的资源, 提供了快捷灵活的手段。尤其是 1998 年以来, 在“数字地球”的设想下, 遥感影像数据无疑会在未来“数字地球”建设中占有重要地位。但是, 海量遥感影像数据和网络有限带宽这对矛盾严重地影响着遥感影像的充分应用。国际标准化组织(ISO)和图像专家联合小组(Joint Photographic Experts Group, JPEG)于 1997 年提出的 JPEG2000 图像标准, 将会很好地解决这一矛盾^[1]。该文将论述基于该标准的遥感影像, 在 Web GIS 上的应用实现及结构。

关键词: 互联网(Internet); JPEG 标准; Web GIS; 遥感影像

中图分类号: TN919.8 **文献标识码:** A

1 引 言

在过去十几年中, 数字影像的应用得到了前所未有的空前发展。在这当中, 国际标准化组织(ISO/IEC JTC1/SC29/WG1)和图像专家联合小组(JPEG)起到了关键性的作用, 并最终取得了巨大的成功, 现在, 在网络上传输的图像中有 80% 是 JPEG 格式的。1997 年国际标准化组织(ISO)和 JPEG 小组, 为了满足不断增长的数字影像技术的发展和下一代影像技术的需求, 联合开始了 JPEG2000 国际标准的制定工作。

JPEG2000 标准的提出到现在已经三年了, 在全世界广大科学家和世界各国组织机构的协调发展下, JPEG2000 标准的制定得到了稳步的发展。1999 年 12 月 6 日—10 日在美国夏威夷毛伊岛召开了国际标准化组织(ISO)和 JPEG2000 小组的第十八次工作会议, 共有来自 17 个国家的 110 位专家学者组成。会议的最后进行了 Committee Draft (CD), 即 JPEG2000 标准草案的发布, 该草案的发布标志着

JPEG2000 正式进入完善结尾阶段。2000 年 3 月 13—17 日国际标准化组织(ISO)和 JPEG 小组第 19 次工作会议在日本东京召开。

JPEG2000 草案的提出, 在世界上引起了很大的轰动。“JPEG2000: 新世纪的静止图像标准”^[1]、“JPEG2000: 下一个千年的图像压缩标准”^[2]、“JPEG2000 标准: 图像发展的又一次革命”等等口号蜂拥而至。JPEG2000 的推出为何能形成如此巨大的冲击呢? 因为基于该标准的影像应用, 将会有一个翻天覆地的变化。在商业领域, 最直接的方面涉及到影像存储、网络浏览、遥感影像、医学影像、动态影像、传真、数字图书馆、激光打印、数字扫描以及随之而来的网络电视、电子商务等。在军事领域, 可以用于军事遥感图像的压缩存储和传输。例如在星载的侦察卫星图像压缩中, 其中的小波滤波器的选择可以用两个自由参数来构造, 而这两个自由参数又可以作为密码使用。如果压缩和解压缩采用的小波滤波器不同, 则解压缩出的图像质量就非常差, 这一点恰恰可以使我们用小波滤波器的系数作为密码来进行带密码的图像压缩。

收稿日期: 2000-11-22; 修订日期: 2001-01-31

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000077900)和国家自然科学基金资助(40071065)。

作者简介: 王宇飞(1971—), 1992年毕业于武汉测绘科技大学, 1997年获得国家测绘局测绘科学研究院卫星大地测量硕士学位, 主要研究方向为 GPS 高精度卫星定位, 地壳形变观测等。1998年中国科学院遥感应用研究所攻读博士学位, 现主要研究方向为影像的压缩、传输、以及基于网络的影像服务模型。

2 JPEG2000 的技术特点

随着数字影像应用的不断扩展,特别是随着互联网、电子商务时代的到来、高分辨率相机应用的普及以及桌面计算机性能的不提高,人们对静止图像编码提出了更高的要求,并且人们希望在未来新的静止影像编码中能融合不同类型的图像(如:二值图像、灰度图像、彩色图像、以及多成分图像等)、不同特点的图像(如:自然影像、医学影像、遥感影像、文本影像以及透视影像等)、不同应用模式的图像(如:客户/服务型、实时传输型、影像档案型以及有限的缓冲和有限的带宽型)。JPEG2000 标准可以说综合了图像方面所有的现代技术。其目标是把其作为在未来的千年中标准的静止图像压缩格式,其设计思想包括^[3]:

(1) 开放的标准体系,广泛地在应用以及设备间进行图像转换;

(2) 无以伦比的高效压缩技术,以适应越来越高的分辨率和越来越丰富的影像内容;

(3) 在同一影像文件中融合不同详细级别的数

据,从而在传输和带宽利用上具有更大的灵活性;

(4) 元数据机制,在影像文件中包容了非影像数据。

2.1 基于小波变换的高效影像压缩技术

JPEG2000 标准的核心为小波变换压缩技术。小波变换是一种同时具有时-频分辨能力的变换。其优于傅氏变换之处在于它具有时域和频域“变焦距”特性。十分有利于信号的精细分析。第一个正交小波基是 Harr 于 1910 年构造的;但 Harr 小波基是不连续的。到 20 世纪 80 年代, Meyer, Daubechies 等人从尺度函数的角度出发构造出了连续的正交小波基。1989 年, Mallat 等人在前人的大量工作的基础上提出多尺度分析的概念并提出了以他命名的快速算法,从而使小波分析成为一种实用的信号分析工具^[4,11]。JPEG2000 以 David Taubman 的 EBCOT (Embedded Block Coding with Optimized Truncation) 算法为基础。该算法支持大压缩倍数的、无损的以及渐进直至无失真图像压缩。(参看图 1 基于小波压缩的一个比较)。

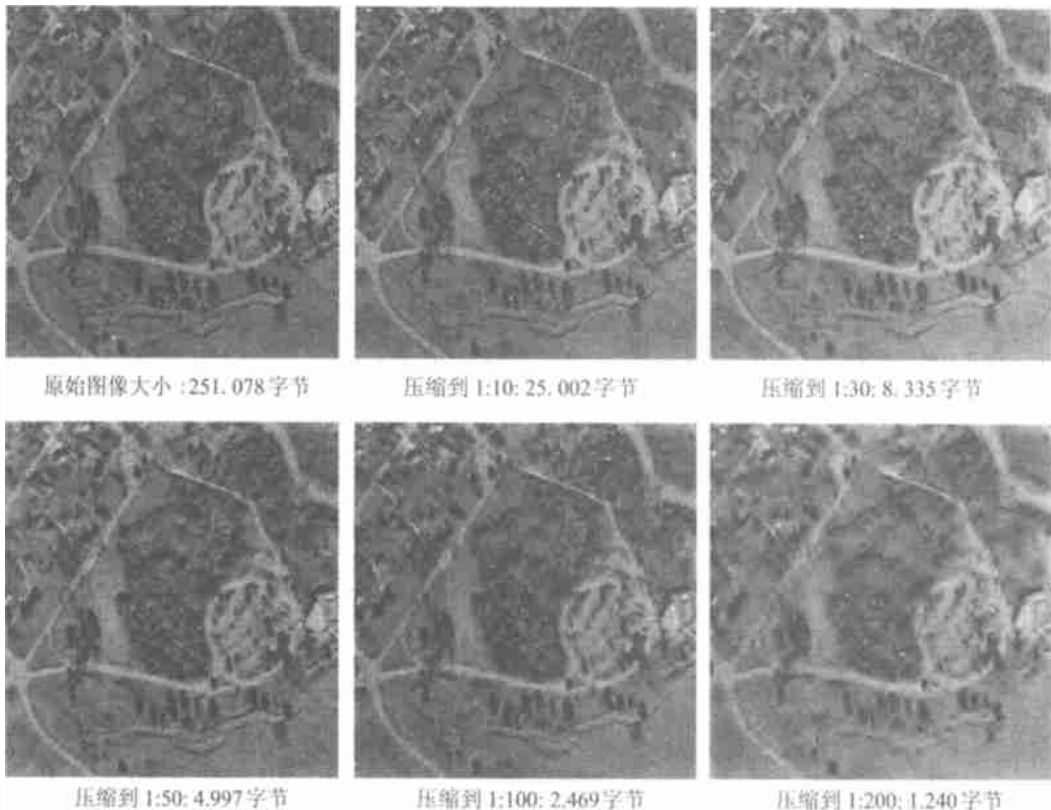


图 1 影像不同压缩比率比较

Fig. 1 Comparison with different compressing rate

在传统的、基于离散余弦变换的 JPEG 压缩中,一般把原始图像按照 8×8 分块压缩,当原始图像纹

理比较复杂时,恢复的误差较大。从而有较明显的方块效应。压缩比越高,频率信息丢失越多,方块效

应越明显。小波压缩通过变换,把图像映射到一组多分辨率空间,从而提供了更为灵活、有效的压缩途径。与 JPEG 相比,由于 JPEG2000 能够处理多达 256 通道的信息即 RGB 彩色数据。所以在同一文件中,

JPEG2000 能够描述其它可选择彩色模式如:CMYK 模式。并且这种工作模式是无缝的。(JPEG2000 与 JPEG 比较如图 2,摘自 EE Times^[5])。

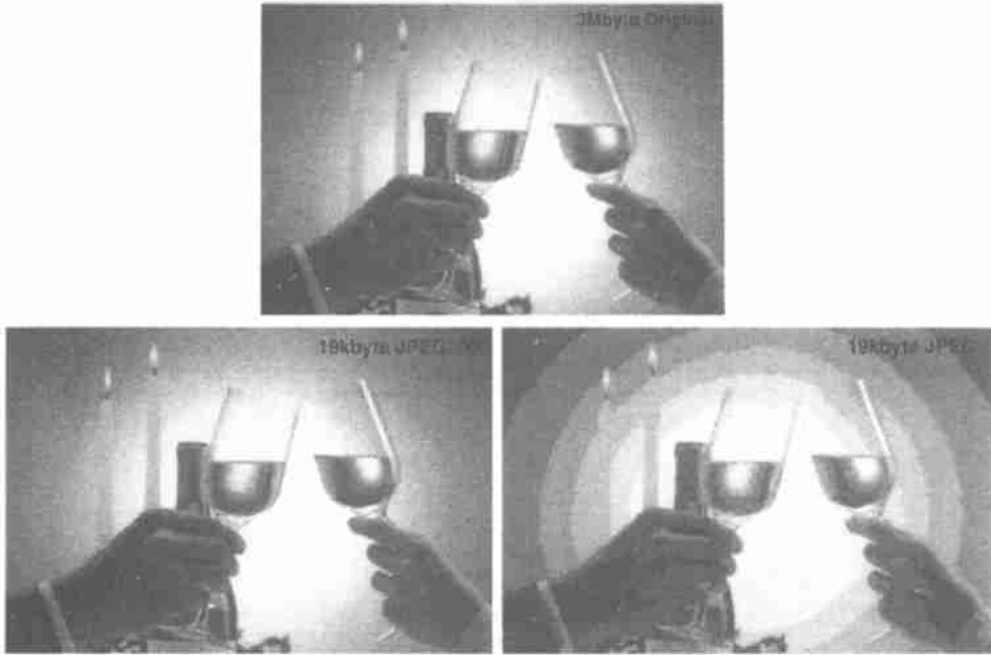


图 2 压缩到同样大小的 JPEG2000 与 JPEG

Fig. 2 Comparing of JPEG2000 and JPEG image in the same size

2.2 Regions of Interest (ROI) 编码技术

小波技术的另一个优点是提供一个能使用户控制的、可选择分辨率的影像数据。即 Regions of Interest (ROI) 技术。JPEG2000 影像支持累进式数据传输。由于在小波压缩中,影像数据的分解是由塔式来组织的(如图 3)。所以在影像显示时,就很容易

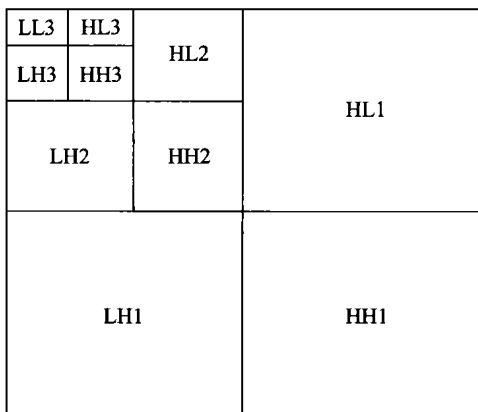


图 3 三层塔式小波分解示意图

Fig. 3 Three-Layer pyramid wavelet decomposition

累进式显示图像。该显示方法分为两种:分辨率累进显示和图像质量累进显示。前一种随着数据的增加,图像的分辨率会越来越来大、图像质量越来越清晰,并且图像以初始图像长、宽比例的 2 倍来累进。后一种方式,开始时图像为原始大小,但是图像质量为近似图像,随着数据的增加,会越来越清晰。这样就给客户一个充分的缓冲时间,让他判断是否要求继续下载该图像。与其它方式相比,累进式显示方式更有利于灵活的应用网络的带宽。具体显示过程如图 4 所示。(摘自数字影像小组 Digital Imaging Group)^[3]。

ROI 技术能够很好地解决传输时间和网络带宽问题。ROI 编码只对客户感兴趣的区域进行解除编码。并可由客户交互式的选取所感兴趣的区域。这样就明显地省去不必要的全部反解压整个区域。

2.3 元数据(Metadata) 机制

为了更好地管理、存储、索引、浏览数字图像, JPEG2000 正在加紧制定其影像元数据标准。该标准规定,在图像文件中,除了各个像素数据外,还包

括非像素信息。如图像产生的时间、焦距、光圈、GPS 位置等,从而让使用者对影像的产生有一个了解;也可以加入音轨数据,从而丰富图像的内容;为了使查询、索引方便,也可以加入识别符、用户控制

的图像类型、以及版权状况等信息^[7-10]。尤其随着 XML (Extensible Markup Language) 语言的发展,对描述数据的结构和语义的支持。JPEG2000 的元数据机制与 XML 可以在 Internet 领域得到完美的结合。

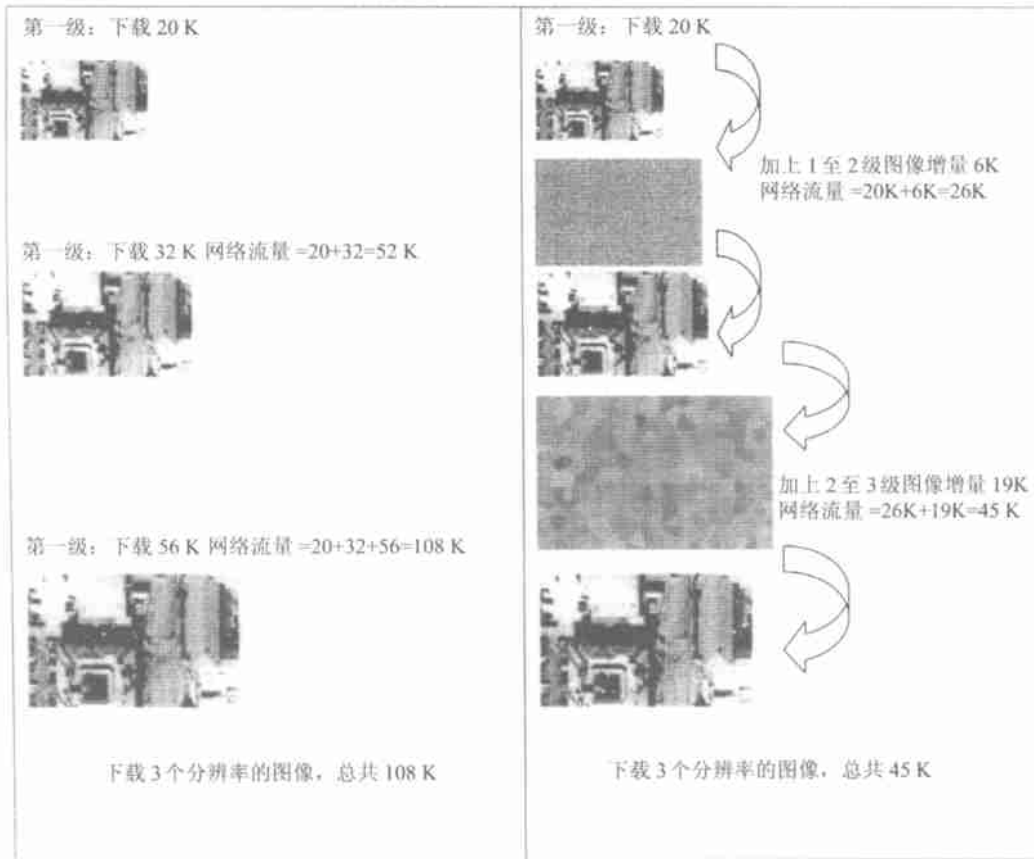


图 4 累进传输显示示意图

Fig. 4 Progressive transfers via Internet

元数据标准的制定将极大地扩展数字影像的应用前景。例如:通过元数据标准,我们不需要每次去浏览图像,只需查询那些嵌入图像文件中的、机器可读的元数据信息。就可以在网络中自由寻找所需图像。这其中包括能使各种图像数据格式兼容和各种

设备间兼容的一种可扩展的元数据结构。通过元数据机制的可扩展性,用户可以方便地添加信息,即修改其元数据结构中的信息数据,如索引目录等,而不必重写整个影像文件。(如图 5 所示^[5,12-14])。

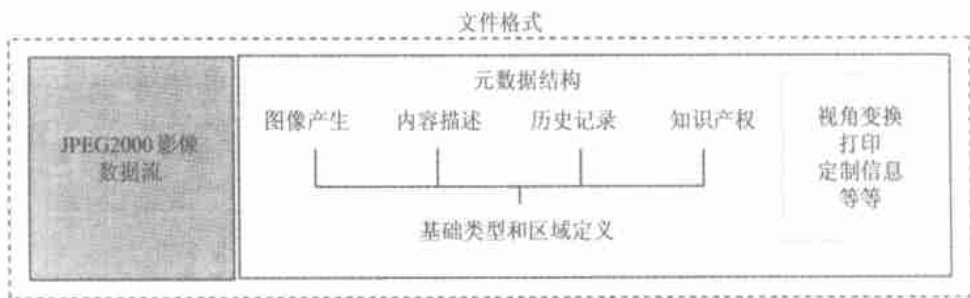


图 5 影像文件结构

Fig. 5 Structure of image file

3 基于 Web 的遥感影像服务实例

根据 JPEG 2000 静止影像压缩技术的特点,结合现代网络地理信息系统发展的方向,我们开发了一套基于网络的大数据量遥感影像浏览系统,具体如下。

3.1 技术路线

地网 GeoBeans 是由国家遥感应用工程技术研

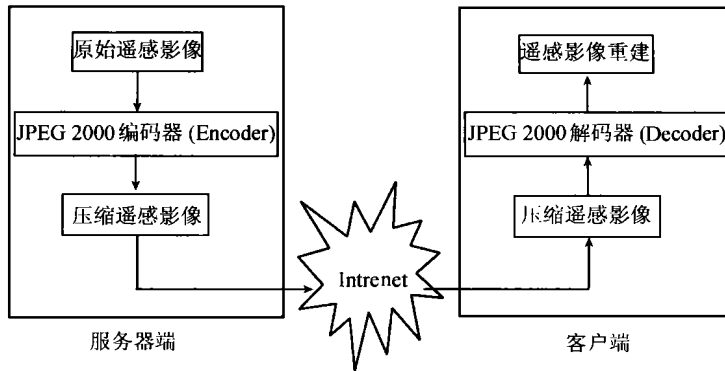


图 6 浏览系统的原型

Fig. 6 The prototype of RS Image browser system

在现阶段大多数计算环境包括 Internet 环境、各种开发语言环境等并不支持 JPEG 2000 的影像格式。所以在利用该格式影像时一定要加入 JPEG 2000 影像的解压缩过程。具体的 JPEG 2000 影像压缩算法采用 ISO 推荐的 JPEG 2000 Verification Model (简称 VM 7.2) 和瑞士联邦数字信号实验室提供的 JPEG 2000 影像压缩算法。其主要内容包括影像的编码器和影像的解码器两大部分。由于 JPEG2000 为基于小波算法的压缩影像,在服务器端,首先要把海量的高分辨率的遥感影像压缩为 JPEG 2000 格式的影像,压缩比可以自由选择。一般为适合现在的网络带宽、遥感影像没有视觉失真为宜,经过把两部分拆解,把解码器部分进行修改,加入影像显示部分和对影像的基本操作如放大、缩小以及平移等操作程序。完整的打包作为客户端所需下载的应用 Applet,随着被压缩的影像数据流一起到达客户端。在客户端浏览器采用 JVM 进行解压运算,并在客户端浏览器进行显示和一些必要的浏览操作。基于该结构的高分辨率遥感影像发布流程如图 7。

根据以上算法模型,利用 Java 语言编制的编码器程序界面如图 8,由于 Java 语言的平台独立性和良好的可移植性,相对于 Encoder 的 Decoder 在网络

究中心网络与运行工程部独立开发的具有自主知识产权的 Internet GIS 软件开发平台。它参考 OpenGIS 规范、利用了与平台无关的 JavaBeans 构件模型。尤其是基于网络的海量遥感影像浏览模块,采用最新的 JPEG 2000 静止影像压缩标准,通过把海量遥感影像在服务器端压缩及客户端解压模型,充分地利用了网络间各组成模块的共享资源,从而平衡了客户端和服务器之间的负载,减小了网络流量,简单的原型结构如图 6。

上实现比较容易。

3.2 试验条件

Geobears 的基于网络的海量遥感影像浏览系统采用 Browser/Server 为系统结构,网络的通信协议采用 TCP/IP 以及超文本传输协议 HTTP 为主,由分布在网络上的浏览器(如 Internet Explorer 或 NetScape)、下载到客户端的软件 Java Applet (主要包括 Image Decoder;影像解压缩运算程序;Image Display;网络影像显示;Listener;网络影像互操作程序)、Web 服务器等组成。

服务器端:采用联想千禧服务器 P III 800,内存 256M,硬盘为 30G,配备软件有:操作系统为 Microsoft Windows NT4.0 以及 Service Pack 6,网络发布服务 www 采用微软的 Internet Information Server 4.0。

客户端:采用 AMD Dron 700 处理器,内存为 256 M,硬盘 15 G,网卡为 D-Link 200 型以太网卡适配器。配备的网络浏览软件为 Microsoft Internet Explorer 5.0。

试验数据:为了积极配合北京市的 2008 年的申奥活动,中国科学院遥感所在北京的亚运村北部——未来奥运村的规划地进行了一次航拍,从中取

一张数据量为 28M 的航拍影像,用基于 JPEG 2000 标准的编码器进行压缩编码,压缩比率为 120:1,最后取得的压缩影像数据为 201K,格式为具有富特征

的 Jp2 文件格式,在压缩时通过 JPEG 2000 编码器,把原始的航空遥感影像压缩为 5 个不同的分辨率,并存储在同一文件中。

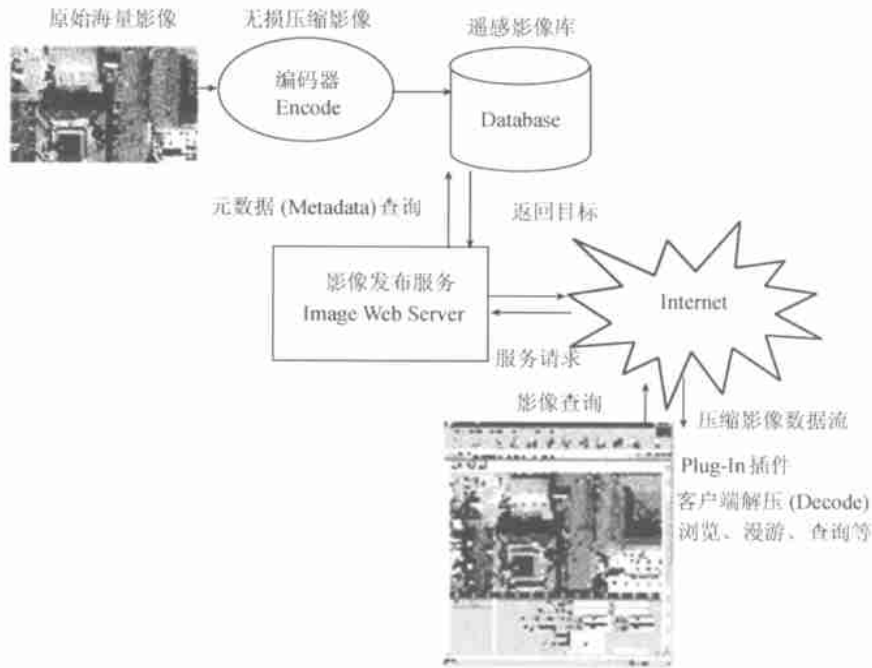


图 7 遥感影像网络发布流程

Fig. 7 Flow Chart of Publishing RS Image



图 8 用 Java 语言编制的 Encoder 界面

Fig. 8 The Interface of Encoder

3.3 试验结果

如图 9(a)所示,第 1 级影像在 Internet Explorer 5.0 显示出来共用去 15s,在该过程中主要包括,下载 Java Applet 和压缩后的影像,前者大概是 201K 字节,压缩影像为 185K 字节大小以及第 1 级分辨率的解压缩时间。即:18s = 下载 Java Applet 的时间 + 下载压缩后的影像流时间 + 第 1 级影像解压缩时间。

对其进行放大操作到第 2 级显示出来共需 8s 左右,该时间主要是影像第 2 级分辨率的解压缩时间,如图 9(b)所示;依次进行,影像第 3 级分辨率的解压缩时间大概需要 10s;影像第 4 级分辨率的解压缩时间大概需要 12s;影像第 5 级分辨率也就是最后一级的解压缩时间大概需要 15s(图 9(c)~(e))。

4 结 论

利用 JPEG 2000 标准建立的遥感影像,大大地缩短在网络上的传输时间,提高遥感影像的利用率,尤其对于高分辨率影像,该浏览系统能够满足现在网络带宽的要求,能使客户浏览大分辨率的遥感影像。

同时证明,与原有的 JPEG 压缩标准相比,新的静止图像压缩国际标准 JPEG 2000 具有了更高的压缩效率,提供了很多原来所没有的实用功能:支持大倍率(低码率或极低码率)的图像压缩,这一点对信道传输有用;支持无损和渐进直至无失真的图像压缩,因而可应用于军事遥感和医学影像的无失真压缩和渐进传输,渐进的图像压缩方案中,可以分别根据图像质量、视觉效果和图像的空间分辨率来逐渐



图 9 高分辨率遥感影像显示效果图

(a) 第 1 级影像; (b) 第 2 级影像; (c) 第 3 级影像; (d) 第 4 级影像; (e) 第 5 级影像

Fig. 9 The display of RS Images

压缩编码和解压缩, 以实现原始图像逐渐的逼近; 支持对任意感兴趣区域的随机存取、压缩、解压缩和处理, 支持同一幅图像中对不同区域具有不同的压缩倍数。因而可以使感兴趣区域比其他区域的图像质量好, 以及在已经压缩好的码流中, 可以很容易对感兴趣区域的图像压缩数据进行定位和解压缩, 而不必等到整幅图像全部解压缩后再定位; 支持渐进的感兴趣区域的图像压缩和存取。可以实现对图像感兴趣区域的专注拍摄和传输; 支持固定码率、固定压缩文件大小的图像压缩, 即对于已经设计好的固定码率的传输信道, 可以实现压缩图像质量最佳化。开放的软件结构, 用户可以随时替换其中的一些模块, 如小波变换模块; 可以实现大幅画、多波段、灰度分辨率大于 8 倍的图像压缩。对大幅面图像的压缩, 采用了分块压缩的方法, 但由于利用了小波变换实现的一些技巧, 使得压缩图像不存在块效应; 支持无损的图像颜色空间变换或无损的多波段空间变换。这对于彩色图像或多波段图像的压缩, 可以最大限度地去掉图像颜色之间或图像波段之间的相关性, 从而可以最大限度地对彩色图像或多波段图像

进行压缩。

毫无疑问, 矢量数据与高分辨率影像数据相结合, 是下一代 Internet GIS 发展的方向, 而新一代的静止影像压缩标准 JPEG 2000 无疑是解决这一问题的有力武器。当然, 前面的系统主要是针对大数据量的一幅遥感影像的浏览系统, 对于多幅影像, 还需要遥感影像数据库以及具有多幅影像检索、管理的 Image Web Server 系统来解决, Geobeans 软件已经解决这方面的问题, 并在不断完善。

参 考 文 献 (References)

- [1] Li Q, Wang Z Z. Study on High-Performance Image Compression Based on Wavelet [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1999, 2. [李强, 王正志. 基于小波理论的遥感图像高保真压缩方法研究. 遥感学报. 1999, 3(1), 31-37.]
- [2] Maryline, Diego Santa Cruz and Mathias Larsson. JPEG 2000 the Next Millennium Compression Standard for Still Images [R]. 2000.
- [3] Pengwei Hao, Qingyun Shi. Proposal of reversible integer implementation for Multi component transforms [C]. Jun. 2000.
- [4] Richard Romano. New ISO Standard Aims to Improve JPEG Format for the New Millennium [N]. Micro Publishing 2000.
- [5] Jaehan In, Shanhran Shirani, and Faouzi Kossentini. JPEG Com-

- pliant Efficient Progressive Image Coding [C].
- [6] R. Colin Johnxon. JPEG2000 wavelet compression spec. approved [N]. EE Times, 1999, 12.
- [7] JPEG2000, International Committee Draft Version 1.0 [S]. ISO/IEC JTC 1/SC 16, 2000, 3.
- [8] Ronald A. DeVore, Bradely J. Lucier Wavelet [M]. 1998.
- [9] Geoffrey Davis and John Danskin. Joint Source and Channel Coding for Image Transmission Over Lossy Packet Networks [C]. 1996, 5.
- [10] Lura Tech. Smart Compress, Lura Wave OCX-SDK. [C]. 1999, 2.
- [11] Faouzi Kossentini and Dave Tompkins. JGIG-like Coding of Bi-Level Image Data in JPEG2000 [S]. ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG1.
- [12] Felix C. A Fernands and C. Sidney Burrus. M-Band Multiwavelet System [C]. 1999.
- [13] E R Mapper Image Web Server User Guide Version 1.2[M]. 1999, 7.
- [14] Dig35 General Metadata Requirements Digital Imaging Group [M]. 2000.

Use Image Based on JPEG2000 in Web GIS

WANG Yu-fei¹, YANG Chong-jun¹, HAO Peng-wei², JIANG Xiao-yu¹

(1. Laboratory of Remote Sensing Information Sciences, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101, China;

2. Center for Information Science National Lab. on Machine Perception, Peking University, 100871, China)

Abstract: The Internet GIS provides an open and normative environment for people to share the geographic information, the common resource of Human Kind. In particular, from 1998 the project of Digital Earth has been progressed forward. It is no doubt that the image of RS will play an important role in the progress of building the Digital Earth. But now there is a big gap between the bandwidth and the size of image, which has affected the application of RS image greatly. Therefore, in 1997 the International Standard Organization associated with Joint Photographic Experts Group began to set up a new coding system of still image-JPEG2000, which will solve this problem perfectly. This paper presents the architecture of Web Gis application based on JPEG2000.

Key words: Internet; JPEG; Web GIS; image