

一种灵活高效的遥感影像金字塔构建算法^①

A Flexible and Efficient Algorithm for Constructing Remote Sensing Image Pyramid

谭庆全 毕建涛 池天河 (中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

摘要: 为了实现遥感影像的网络快速发布,构建影像金字塔存储模型是普遍采用的方法。但传统的影像金字塔构建算法在效率和适用性方面都存在诸多不足。针对问题,本文给出了一种灵活高效的影像金字塔模型的构建算法,影像的切割与重采样均在内存中运算完成,尽可能地减少 I/O 操作,从而提高其执行效率。算法中用到的参数用户都可根据实际需要进行定制,从而提高了算法的灵活性和可操作性。在 Visual C++ 2005 中对算法进行编程实现。实践证明该算法高效、易用,为遥感影像的网络快速发布提供了基础和保障。

关键词: 遥感影像 影像金字塔 影像切割 重采样 网络发布

遥感(RS)技术和地理信息系统(GIS)技术经过最近几十年的发展,已经广泛渗透到国民经济的各个领域。遥感影像作为 GIS 中的一种重要数据来源,每天都有大量的数据产生。同时,海量的遥感影像数据又是国家空间数据基础设施、数字地球建设及相关领域研究的重要数据基础,实现其网络共享成为必然的发展趋势。另外,随着网络技术的迅猛发展,人们从网上获取地理信息的需求在日益增长。因而,为了推进 3S 集成、数字地球及信息共享等研究工作的开展,为了更好地为政府或公众提供空间信息服务,如何实现遥感影像在互联网上的快速发布就成为十分重要而又迫切的研究任务^[1-4]。

为了实现在 Internet 上遥感影像的快速发布,比较成功的方法是将影像重采样、分层切割,建立影像金字塔存储模型^{[5][6]}。即预先生成多级分辨率的影像,以牺牲存储空间来换取响应时间。在实现遥感影像网络发布的过程中,除了上述影像金字塔的建立,还需要多种技术的支撑,包括:数据压缩与备份、空间索引、无缝拼接、数据缓存等^{[1][7]}。影像金字塔的建立是其它工作的前提和基础,本文将对此展开研究,实现一种高效、灵活的影像金字塔构建算法。

1 影像金字塔模型

由于遥感影像数据量非常庞大,直接将整幅图像发布在网上是不现实的。而且,由于受屏幕分辨率的限制,用户每次只能浏览有限的一个影像区域。因此,没有必要一次性传给用户过大的图像范围,以免增加服务器和网络负担、加长用户等待的时间。虽然借助一些成熟的软件(比如:ArcIMS、SuperMap IS、MapServer 等),可以方便地实现遥感影像的网络发布,可以实现平滑的缩放与漫游;但是由于对每个用户的每个请求,服务器都需要实时生成一幅相应地理范围和比例尺的图像返回给客户端;因而,服务器负担很重,用户等待的时间也相对较长,一般需要几秒钟,当多用户并发访问时会达到十几秒。这样长的时间,一般的网络用户是无法接受的。借助影像金字塔存储模型,可以很好地实现 Internet 环境下遥感影像的快速获取与实时缩放。

影像金字塔顾名思义就是以原始图像为基础通过重采样依次生成不同比例尺的各层影像数据,并且各层均是以相同大小的多个切片文件进行保存。服务器在处理用户的请求时,首先定位到比例尺最接近的一层数据上,然后查询出覆盖用户请求范围的影像切片并返回给客户端,最后在网页上完成拼接再呈现给用

① 基金项目:国家“十五”科技攻关计划“中国可持续发展信息共享系统的研究开发”(2004BA608B)

户。在上述过程中,服务器只需要将用户感兴趣的少量数据传输给客户端,并且不需要实时计算生成,因而响应速度很快,几乎可以实现实时缩放。图 1 给出了一个 5 层影像金字塔结构的示意图。

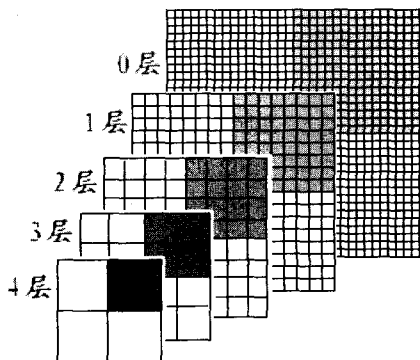


图 1 5 层影像金字塔示意图

2 影像金字塔构建算法

影像金字塔的构建算法可以比喻为一个“加工厂”,输入的是原始影像数据,输出的是金字塔切片文件,如图 2 所示。不同的算法,最终的输出可能是完全一样的,但由于中间采取的“加工”方法不一样,那么在处理效率、可操作性、灵活性等方面将会存在很大的差别。

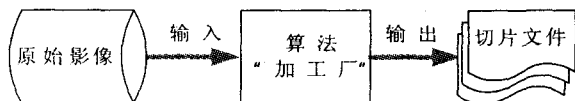


图 2 算法功能示意图

2.1 传统算法

在传统算法中影像金字塔的构建过程是:先将原始影像进行重采样生成较低分辨率的影像并保存为一个新的影像文件;然后对该影像文件再进行重采样生成更低分辨率的影像,依次进行,直到完成预定的分层;最后再对每层的影像进行切割并保存成切片文件。其算法流程如图 3 所示。需要说明的是,由于影像的数据量非常大,所以在生成新的一层影像数据时,一般需要多次加载前一层的影像数据才能完成。

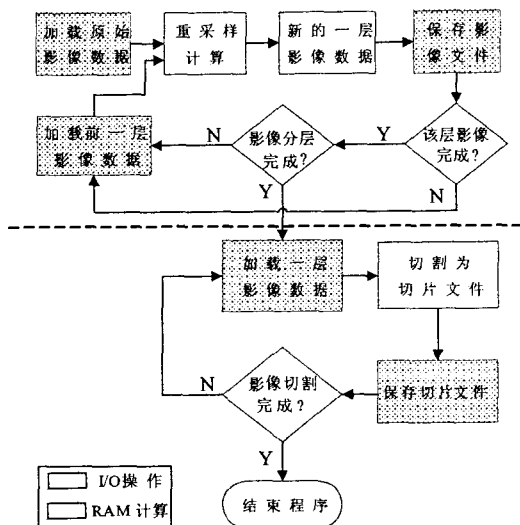


图 3 传统算法流程图

这种算法的计算过程可分为两个阶段:一是建立多级分辨率影像的分层阶段(图 3 中虚线以上部分);二是对各层影像进行分片切割阶段(图 3 虚线以下部分)。显然,在由原始影像数据到生成最终切片文件的过程中,中间需要多次执行 I/O 操作(加载前一层的影像数据或保存影像文件),这无疑会大大降低程序的执行效率。

2.2 一种新算法

本文实现的算法,将尽可能减少执行 I/O 操作,充分利用内存中的数据重复采样计算,来提高算法的执行效率。算法流程图如图 4 所示,只有必需的“加载原始影像数据”与“保存切片文件”执行 I/O 操作,其它计算均在内存中完成。即不需要事先生成代表某一层的影像文件,而是将不同层上对应相同地理范围的切片文件直接在内存中运算生成。

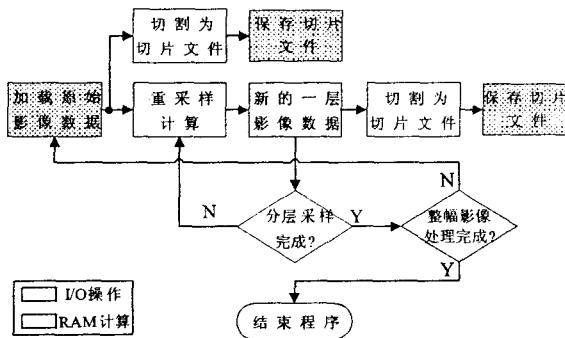


图 4 本文算法流程图

按照图 2 的“输入-加工厂-输出”模型来分析,“加载原始影像数据”和“保存切片文件”分别对应“输入”和“输出”,是必须执行 I/O 操作的,除此之外其它的 I/O 操作均可理解为算法所做的“无用功”。根据图 3 和图 4 对比,可以很容易看出,传统算法在“加工”的过程中做了许多“无用功”,而本文算法在“加工”的过程中所做的全是“有用功”,因而肯定比传统算法的执行效率高。

此外,如果能对算法中所用的参数(包括:每次加载数据量的大小、切片文件的大小、金字塔分层数、重采样算法及参数设置等)进行灵活配置,算法的适应性和灵活性将会大大改善。因此,该算法还考虑了如下几个关键问题:

- 采样密度:即影像金字塔中第 N 层的多少个像素采样为第 $N+1$ 层的一个像素。采样密度越小,可以得到越连续的缩放效果,但对应金字塔分层数增多,数据冗余加大,占用更多磁盘空间。反之,采样密度越大,影像金字塔数据量越小,但缩放效果差。因而,在实际应用中,要综合考虑影像大小、实际需求、算法设计等多种因素,选择合适的采样密度。一般情况下,采样密度可取为 $N \times N$ ($N=2,3,4, \dots$)。

- 内存利用:合理有效地利用内存是算法成败的关键因素。影像数据是行列顺序存放的,因而在许多算法中,每次加载的数据常常取作几行或几列。由于处理的影像大小不同,则每次加载的数据量就不同。当数据量较大时,在内存小的计算机上算法无法运行;当数据量较小时,内存又得不到有效利用。因而,理想的做法是,算法应根据具体运行计算机的内存大小来调整每次加载数据量的多少;在内存允许的情况下,尽可能加载多的数据量。本文的算法是根据最大允许的内存,自动判断每次加载数据量的多少。

- 采样算法:常用的重采样算法主要有:最邻近点、双线性插值、三次立方卷积等,其具体原理和算法实现在此不再赘述。用户可以直接在界面上选择需要的采样算法。

3 程序实现及应用

对本文提出的算法,在 Visual C++ 2005 中进行编程实现,程序运行界面如图 5 所示。算法中用到的

采样密度、采样算法、切片大小、保存路径、金字塔分层数、最大允许内存等所有的参数都可以由用户根据需要在程序上定制。以图 5 所示的参数为例,采样密度为 2×2 ,金字塔分层数为 5,那么最顶层的一个影像块与最底层的 256 (即 4^4) 个影像块对应相同的地理范围(如图 1 中阴影部分所示)。最大允许内存为 100M,切片大小为 256×256 像素时,一次可以加载约 512 个原始影像切块的数据,则可以循环生成 682 个切片(分别对应 0、1、2、3、4 层的 512、128、32、8、2 个切片)。其切割与重采样计算过程完全在内存中运算完成,因而非常高效。经测试,在完成相同的影像金字塔切割任务时,本文算法比传统算法至少可以节省 20% 的时间。

本文以一幅全球影像 (21600×10800 像素, 699 857 080 字节, TIFF 格式) 为例,以 256×256 像素为切片大小,以 2×2 为采样密度,分成 5 层,进行切割,图 6 给出了分布在各层上的切片效果图。最后实现了该遥感影像在网络上的快速发布,如图 7 所示。图中所示的影像是由 2 行 \times 3 列的切片拼接而成。

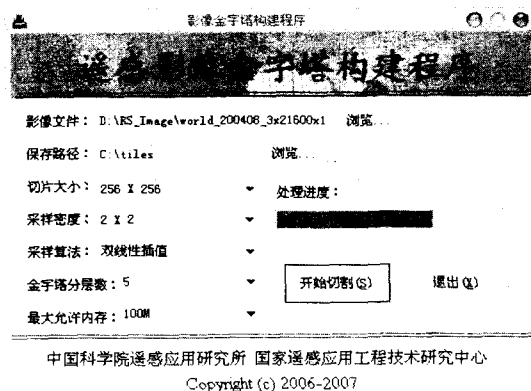


图 5 程序运行界面



(a) 0 层 (b) 1 层 (c) 2 层 (d) 3 层 (e) 4 层

图 6 5 层金字塔中的切片示意图

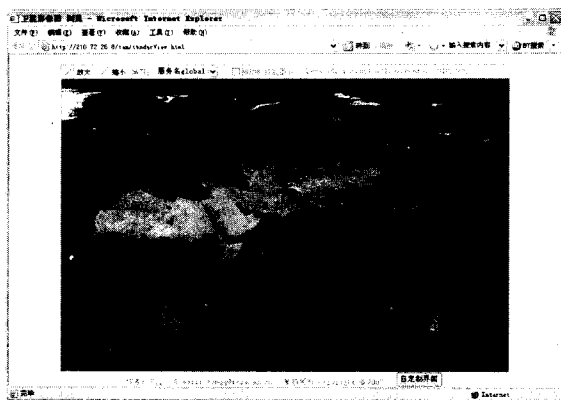


图 7 影像网络发布页面

4 结束语

本文给出了一种高效的影像金字塔模型的构建算法,该算法尽可能减少不必要的 I/O 操作,影像切割和重采样的计算过程均在内存中运算完成,从而大大提高了其执行效率,缩短用户访问等待的时间。利用 Visual C++ 2005 中对算法进行编程实现,并且算法中用到的所有参数用户都可根据实际需要进行定制,保证了算法的灵活性和可操作性。与传统方法相比,本文的算法在效率、可操作性和灵活性上都有很大改善,从而为影像的网络快速发布提供了基础和保障。要更有效地在 3S 集成、数字地球、信息共享等研究领域利用这些影像数据,使之更好地为政府、企业或公众提供服务,还需要在数据压缩与备份、空间索引、无缝拼接、数据缓存等方面作进一步的研究工作。

参考文献

1 杨超伟,李琦,承继成.遥感影像的 Web 发布研究与

实现. 遥感学报,2000,4(1):71-75.

- 2 王密,龚健雅,李德仁.大型无缝影像数据库管理系统的设计与实现. 武汉大学学报(信息科学版), 2003,28(3):294-300.
- 3 朱江,张立立,宋关福. Internet GIS 海量空间数据发布的关键技术. 高技术通讯,2006,16(3):286-289.
- 4 熊静,张菁. 基于 MapServer 的遥感影像发布系统的研究. 遥感信息,2007,22(1):53-57.
- 5 Yang Chao-wei, David Wong, Yang Rui-xin, et al. Performance-improving techniques in web-based GIS. International Journal of Geographical Information Science, 2005,19(3):319-342.
- 6 刘鹏,毕建涛,曹彦荣等. 遥感影像数据库引擎设计与实现. 地球信息科学,2005,7(2):105-110.
- 7 朱欣焰,陈能成,王密. 面向网络的海量影像空间数据在线分发技术. 武汉大学学报(信息科学版), 2003,28(3):288-293.
- 8 Chi Tian-he, Zhao Xiao-feng, Chen Hua-bin et al., Research and implementation of the sustainable development information sharing web service system of china. In: Proc. of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2005, 905-907.
- 9 毕建涛. 面向网络共享的地理信息服务研究[博士学位论文]. 北京:中国科学院地理科学与资源研究所,2005.
- 10 毕建涛,胡争光,王星星等. 面向网络的遥感影像数据自动拼接算法研究. 计算机应用研究, 2007(增刊): 734-736.