

文章编号:1001-9081(2007)09-2123-03

## 遥感图像目标识别的并行处理方法

刘晓沐,岳丽华,陈博,陈雁

(中国科学技术大学 计算机科学技术系,合肥 230027)

(liufinback@gmail.com)

**摘要:**为提高遥感图像目标识别的速度,减少消耗的时间,提出了一种特殊的遥感图像目标识别的并行处理方法。基于这种方法,只需对串行识别算法做较少的改动即可实现遥感图像目标识别的并行化处理,无需设计专门的并行识别算法,以较低的代价解决了遥感图像目标识别耗时较多的问题。

**关键词:**遥感图像;目标识别;并行图像处理

**中图分类号:** TP338.6 **文献标志码:** A

## Method of target recognition in remote sensing images based on parallel processing

LIU Xiao-mu, YUE Li-hua, CHEN Bo, CHEN Yan

(Department of Computer Science and Technology, University of Science and Technology of China, Hefei Anhui 230027, China)

**Abstract:** In order to improve remote sensing image recognition rate and reduce time consumption, a particular parallel processing method of remote sensing image recognition has been presented. With this method, only small changes are needed to make the serial recognition algorithm parallel processing and there is no need to design particular parallel processing algorithms. The time-consuming problem of objects recognition on remote sensing image is solved through relatively low cost.

**Key words:** remote sensing image; objects recognition; parallel image processing

随着传感器技术的进步,遥感图像的分辨率不断提高,遥感技术的应用领域不断扩大(电子地图制作、森林火灾监控和军事目标的快速发现等),遥感图像的计算机自动处理越来越受到人们的重视<sup>[1]</sup>。目标识别是计算机自动处理中的一个重要环节,它是遥感图像解译的基础,是许多应用的重要组成部分。目标识别因为操作复杂所以非常耗时,使得某些需要快速目标识别的应用难以完成。如何加快目标识别的处理速度是一个很有意义的研究课题。

采用并行图像处理是解决这个问题的一种主要途径。并行图像处理的研究工作已有很多,有人实现了包含大部分基本图像操作的并行图像处理函数库<sup>[2,3]</sup>。基于此类函数库,可以设计出复杂的并行图像操作。但是在进行目标识别时,有时会碰到难以并行化的操作。此时只能采用串行算法处理,使得整体的性能提升不高。因此对于遥感图像的目标识别来说,最好的方法是在不改变算法结构的基础上实现原有串行算法的并行处理。

本文提出了一种遥感图像目标识别的并行处理框架。实现了串行算法的多处理器并行化处理,极大地缩短了遥感图像目标识别所消耗的时间。本文提出的框架具有以下优点:1)性能提升较大;2)应用范围较广,能够适用于大部分遥感图像识别任务的并行化处理;3)实现较为简单,不需要设计并行识别算法,只需要实现串行识别算法,或者将以往的串行识别算法进行较少的改动即可。

### 1 相关工作

并行图像处理技术根据硬件平台的不同可以分为两种:

一种是基于 DSP 的并行图像处理技术;另一种是基于计算机的并行图像处理技术。DSP 是一种高速处理器,它具备了通用微处理器的特征,同时针对信号处理计算做了指令优化。在图像处理方面,DSP 应用非常广泛。基于 DSP 的并行图像处理系统有很多,例如中国科学院里高公司研制的双 DSP 高速图像处理系统(GIEB)、加拿大 Matrox 公司利用 C80 研制的 GENESIS 系统和天津大学研制的高速图像处理系统等。早期有很多专门为图像处理设计的并行计算机,例如 IMAGEBOX-150 图像处理系统、VICOM-VME 图像处理工作站和 VICOM-VME 机器视觉工作站等<sup>[4]</sup>。

以上这些并行图像处理系统比较昂贵,可编程性和可移植性较差,不利于推广和普及。因此人们设计了一些并行图像处理函数库,提高了并行算法的可移植性。但是这种方法在进行目标识别时,会碰到难以并行化的操作。此时只能采用串行算法处理,使得整体的性能提升不高。

### 2 并行处理框架

并行处理框架的中心思想是将原始遥感图像切割成子图像,分配到不同的处理器上同时进行处理。每个处理器运行同样的识别程序,处理原始图像中的一部分,最后将所有的识别结果合并,得到最终的识别结果。

#### 2.1 整体结构

本文提出的并行处理框架如图 1 所示。它包括原始图像切割、并行图像识别和识别结果汇总三个部分。在原始图像切割时,首先要保证识别结果的不变性,保证原始图像切割后分块的识别结果与原始图像整体的识别结果一致。多台处理

收稿日期:2007-03-23;修回日期:2007-05-22。 基金项目:国家 863 计划项目(2004AA783052)。

作者简介:刘晓沐(1982-),男,河北河间人,硕士研究生,主要研究方向:遥感图像解译;岳丽华(1952-),女,教授,博士生导师,主要研究方向:数据库、信息集成;陈博(1983-),男,湖北天门人,硕士研究生,主要研究方向:遥感图像分类;陈雁(1981-),女,山东即墨人,博士研究生,主要研究方向:遥感图像模糊分类。

器协同的并行图像处理是目前运用最为广泛的一种提高图像处理速度的方法,但是因为某些图像的不可分割性,所以大部分的并行图像处理研究都集中于基本图像操作的并行处理。本文采用了图像数据的并行处理是基于以下几点考虑:

1) 遥感图像的覆盖范围很广,一般的目标只占原始图像中很小的一部分,有限次数的切割分块不会影响这类目标的识别;

2) 水域、农田、居民区等面积较大的识别目标,分块后的性质不会发生太大改变,识别的结果改变很小,一般在允许的范围以内;

3) 小的识别目标即使被切割成多个部分,也可以通过边界覆盖等方法使其至少完整出现一次。

因此遥感图像的分块识别是可以保证识别结果不变或者近似不变的,这就是本文切割识别的依据。其次要使得原始图像切割后分块识别的性能尽可能地高。

在汇总识别结果时,需要消除因为原始图像切割带来的冗余识别结果。如果两个识别结果的中心点和外接矩形都重合,则认为它们是同一个目标,只保留其中的一个结果。这一部分比较简单,只需循环扫描识别结果集合即可。

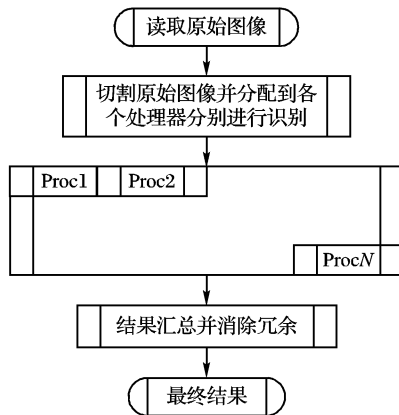


图1 并行处理的整体框架

## 2.2 原始图像的切割

虽然遥感图像的分块识别可以保证识别结果不变,但是还是需要注意切割的方法。如果切割图像时将某个识别目标切割成了两个或者更多的子区域,而这些子区域又分别位于不同的子图像上,则可能丢失此目标,从而产生漏警。这里使用边界覆盖的方法来解决这个问题。相邻的子图像之间有一定宽度的互相覆盖。覆盖的宽度由识别目标的大小决定,保证每个识别目标至少在一块子图像上完整出现,从而确保识别结果的完备性。但是某些识别目标被多个子图像同时覆盖,可能产生多个相同的结果。为了消除识别结果的冗余性,合并识别结果时需要检查所有的识别结果。如果存在相同的识别结果,则只保留其中的一个。使得合并的识别结果与原始图像的整体识别结果一致。

其次,为了尽可能地加快识别的速度,需要注意的问题有:(1)子图像的大小要相同或者比较接近,使得每台处理器的任务量相同或者比较接近。最好的情况是有 $n^2$ 台处理器,将图像的长宽等分为 $n$ 份,这样任务量的分配最为均匀,性能的提升也最高;(2)子图像的长度和宽度要相同或者比较接近,这样有利于完整的保存图像信息,比如 $1 \times 10000$ 的图像虽然总的像素数目和 $100 \times 100$ 的图像相同,但保存的图像信息一般没有 $100 \times 100$ 的图像完整;(3)子图像不能太小,太小的子图像会造成信息的丢失,需要设定子图像大小的下限;(4)子图像不能太多,子图像太多会增大传输开销,抵消并行

处理带来的好处。

根据以上分析,我们提出了如下的图像分割算法,其中 $N$ 代表子图像的数目:

$Partition(Src\_img, N)$

- 1)  $n = \lfloor \sqrt{N} \rfloor$ ;
- 2) IF  $N = n^2$
- 3) THEN  $Divide(Src\_img, Dest\_img, n, n)$ ;
- 4) RETURN  $Dest\_img$ ;
- 5) ENDF;
- 6)  $Divide(Src\_img, Dest\_img, n + 1, n + 1)$ ;
- 7)  $Combination(Dest\_img, (n + 1)^2 - N)$ ;
- 8) RETURN  $Dest\_img$ ;
- 9) END;

其中: $Divide(Src\_img, Dest\_img, n, n)$ 代表将原始图像的长宽分别等分为 $n$ 份, $Combination(Dest\_img, (n + 1)^2 - N)$ 代表将切割后的图像进行 $(n + 1)^2 - N$ 次子图像的合并。这两个函数都比较简单,在此就不一一列举了。例如要将原始图像切割为5个子图像时,我们先执行 $Divide(Src\_img, Dest\_img, 3, 3)$ ,将原始图像等分为9份。然后执行 $Combination(Dest\_img, 4)$ ,最终 $Partition(Src\_img, 5)$ 的处理结果如图2所示。

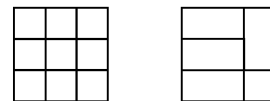


图2 切割示意图

## 2.3 性能分析

下面将具体的分析本文提出的并行处理框架的加速比,所有用到的符号在表1中说明。

表1 符号含义

符号	意义
$S$	加速比
$N$	子图像的数目
$n$	$n = \lfloor \sqrt{N} \rfloor$
$\alpha$	边界覆盖的比例
$m$	识别结果的数目
$O(m)$	$m$ 的渐近线量
$T$	识别原始图像的时间
$T_p$	识别子图像的时间
$T_r$	传输识别结果的时间
$T_s$	去除冗余结果的时间

加速比 $S$ 等于识别原始图像的时间除以并行识别的时间:

$$S = \frac{T}{T_p + T_r + T_s} \quad (1)$$

其中,识别子图像的时间 $T_p$ 等于:

$$T_p = \frac{T}{n^2} + \alpha \times T \quad (2)$$

$\alpha$ 一般取0.005~0.02之间,所以当处理器数目小于100时, $\frac{T}{n^2}$ 远大于 $\alpha \times T$ , $\alpha \times T$ 可以忽略不计。 $T_r$ 是传输识别结果的时间,是 $O(m)$ 量级的。 $T_s$ 是去除重复结果的扫描时间,是 $O(m^2)$ 量级的。当结果数目比较少时, $T_r$ 和 $T_s$ 远小于 $T_p$ ,也可以忽略不计。此时有:

$$S = n^2 \quad (3)$$

从以上分析中,我们可以得出以下两点结论:

1) 在处理器数目较少(小于 100)且识别结果数目较少的情况下加速比较高,当处理器数目增多,或者识别结果数目增多时,加速比就会有所下降;

2) 处理器数目  $N$  处于  $n^2$  与  $(n + 1)^2$  之间 ( $n^2 < N < (n + 1)^2$ ) 时,加速比近似等于  $n^2$  台处理器时的加速比。

### 3 实验

并行处理可以采用紧耦合结构或者松耦合结构。紧耦合结构通过共享存储器来实现处理器之间的通信,处理器之间的联系比较紧密,典型的体系结构如图 3 所示。松耦合系统中每个处理器节点都带有存储器,处理器之间通过消息传递的方式来相互通信,典型的体系结构如图 4 所示。

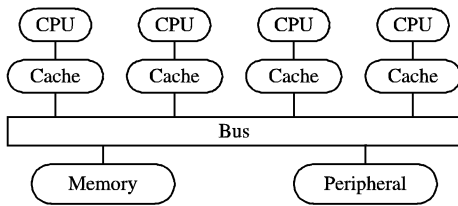


图 3 紧耦合结构

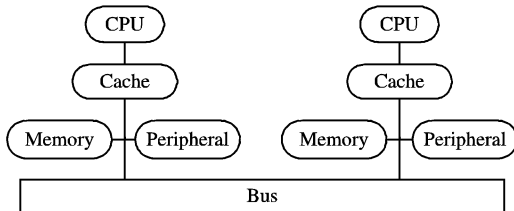


图 4 松耦合结构

在实验中采用了松耦合的结构,使用了 8 台主频为 1.5 GHz,内存为 256 MB 的 PC 通过局域网搭建起一个并行处理平台。为了模拟紧耦合机构中共享存储器的机制,提前在每台处理器都储存有相同的原始图像。

实验采用 MPI 进行消息传递和进程控制。用一张  $10000 \times 10000$  的可见光遥感图像作为原始图像,选择桥梁作为识别目标。分别使用 1 到 9 个进程,其中 1 到 8 个进程时都是每台处理器各分配一个进程。使用 9 个进程时,有一台处理器上同时运行两个进程,在图中用空心圆点标识。实验结果如图 5 所示(由于硬件条件的限制,本文只进行了 8 台普

通 PC 的机群加速比测试。今后如果有条件可以进一步测试较大机群下的加速比情况)。

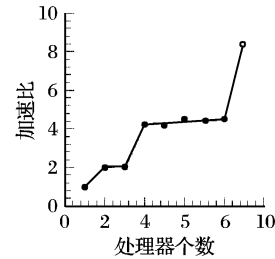


图 5 实验结果

从实验数据中可以得出如下几点结论:

1) 当处理器数目不多(小于 100)且等于  $n^2$  时,每台处理器的任务量比较均衡,此时性能提升较大,近似等于处理器的数目;

2) 处理器数目  $N$  处于  $n^2$  与  $(n + 1)^2$  之间 ( $n^2 < N < (n + 1)^2$ ) 时,加速比近似等于  $n^2$  台处理器时的加速比(与 2.3 节的分析一致);

3) 有一个特殊的情况需要注意一下,就是当进程数目等于 9 时。有一台处理器要同时运行两个进程,导致此台处理器完成任务的时间变长。最后总的加速比只有 8.3,不是预期中的 9。

### 4 结语

本文提出了一种遥感图像目标识别的并行处理框架,并使用多台普通 PC 搭建并行处理平台进行实验验证了此框架的性能。本文提出的框架具有性能提升高、适用范围广、实现简单等优点。

#### 参考文献:

[1] 张永生, 巩丹超. 高分辨率遥感卫星应用——成像模型、处理算法及应用技术[M]. 北京: 科学出版社, 2004.  
 [2] XABIER C, IYENGAR SS. Introduction to parallel algorithms[M]. [S. l.]: Wiley-IEEE, 1998.  
 [3] SQUYRES JM, LUMSDAINE A, STEVENSON RL. A toolkit for parallel image processing[C]// Parallel and distributed methods for image processing II. San Diego: SPIE, 1998.  
 [4] 柴震海. 图像并行处理技术[J]. 红外, 2005(3): 27 - 33.

(上接第 2119 页)

### 4 结语

小波去噪的关键就是在小波域中去除噪声的同时,又能保留有用的图像高频信息。我们把改进后的多级中值滤波的方法应用于小波域去噪中,并提出利用最大最小中值输出之差作为判别平坦、细节区域的判定条件,从而在充分地利用了多级中值滤波保护图像细节特点的情况下,提高了对噪声去除的能力。试验表明这种方法具有良好的去噪效果。

#### 参考文献:

[1] MALLAT S, ZHONG S. Characterization of signals for multiscale edges[J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992, 14 (7): 710 - 732.  
 [2] DONOHO D. De-noising by soft thresholding [J]. IEEE transaction on Information Technology, 1995, 41(3): 613 - 627.  
 [3] NOWAK R D. Wavelet-based Rician noise removal for magnetic resonance imaging [J]. IEEE Transaction on Image Processing, 1999, 8(10): 1408 - 1419.  
 [4] MOULIN P, LIU J. Analysis of multi-resolution image denoising

schemes using generalized gaussian and complexity priors [J]. IEEE Transaction on Information Theory, 1999, 45(3): 909 - 919.  
 [5] STARCK J L, CANDÈS E J, DONOHO D. The curvelet transform for image denoising [J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2002, 11(6): 670 - 684.  
 [6] 彭玉华. 一种改进的小波变换阈值去噪方法[J]. 通信学报, 2004, 25(8): 119 - 123.  
 [7] 张磊, 潘泉, 张洪才. 小波域滤波域值参数 c 的选取[J]. 电子学报, 2001, 29(3): 400 - 403.  
 [8] WANG W, WANG D J. On the max / median filter [J]. IEEE Transactions on signal processing, 1990, 38(8): 1473 - 1475.  
 [9] ARCEAND G R, FOSTER R E. Detail preserving ranked - order based filters for image processing [J]. IEEE Transactions on Acoustics Speech & Signal Processing, 1989, 37(1): 83 - 89.  
 [10] 王欣, 王德隽. 离散信号的滤波[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.  
 [11] WANG X. Adaptive multistage median filter [J]. IEEE Transaction on Image Processing, 1992, 40(4): 543 - 544.  
 [12] 潘泉, 张磊, 孟晋丽, 等. 小波滤波方法及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.