

基于 Pthreads 的车辆图像兴趣区域提取并行算法研究

周艺华^{1,4} 王文东^{1,2} 陈宏彩³ 王 婷² 张常有²

(北京工业大学计算机学院 北京 100124)¹

(中国科学院软件研究所并行软件与计算科学实验室 北京 100190)²

(河北省应用数学研究所 石家庄 050081)³ (可信计算北京市重点实验室 北京 100124)⁴

摘 要 为了提高公安机关查找犯罪车辆的效率,提高车辆识别的效率很必要。据统计,提取兴趣区域(Region Of Interest, ROI)约占车型识别过程的 60%,因此如何加速提取 ROI 过程尤其重要。首先,通过数据划分方法实现基本并行算法;然后,经过实验分析,在基本并行算法的基础上,精心设计预处理过程的分解方案,设置多队列缓冲区,减少共用缓冲区的线程数量和每个缓冲区互斥锁锁定的次数。实验证明,所提算法在双 CPU 12 核(支持超线程到 24 线程)的服务器上运行,相对于串行算法,实现了 13.1x 的加速比。

关键词 车型识别,兴趣区域,并行化,Pthreads,多核

中图法分类号 TP301.6 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2017.03.009

Research on Parallel Algorithm of Vehicle Image Interested Region Based on Pthreads

ZHOU Yi-hua^{1,4} WANG Wen-dong^{1,2} CHEN Hong-cai³ WANG Ting² ZHANG Chang-you²

(College of Computer Science, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)¹

(Laboratory of Parallel Software and Computational Science, Beijing University of Technology, Beijing 100190, China)²

(Hebei Institute of Applied Mathematics, Shijiazhuang 050081, China)³

(Beijing Municipal Key Laboratory of Trusted Computing, Beijing 100124, China)⁴

Abstract In order to improve the efficiency of searching criminal vehicles for the public security bureau, improving the efficiency of vehicle identification is very necessary. According to statistics, extraction of region interest area (ROI) is about 60% of the entire vehicle identification process. How to speed up the phase of extracting ROI is especially important. First, the basic parallel algorithm was realized by data partitioning method. Then, through the experimental analysis, the pre-processing decomposition scheme was carefully designed based on basic parallel algorithm. In our scheme, we set up a multi-queue buffer, reducing the number of threads sharing a cache and the times of lock each cache. Experiments show that the algorithm running on server with dual CPU12 core (support for hyper threading to 24 threads) achieved 13.1x speedup ratio compared with the serial algorithm.

Keywords Vehicle identification, Region of interest, Parallelization, Pthreads, Multi core

1 引言

车型识别在公安破案中是一种必要的手段,而通过提取交通监控图像的 ROI,能够从海量监控图像自动筛选和过滤非感兴趣区域,减少匹配算法的执行时间,可全面提高公安的破案效率。感兴趣区域提取方法较多,包括传统图像分割技术、特征提取技术,还有现在较为流行的基于人类视觉的提取技术。Frejlichowski D 等^[1]提出了一种基于科赫模型的自动检测和提取兴趣区域的算法;Hio C 等^[2]提出一种基于混合网格的兴趣区域提取方法;Ehteshami N S M 等^[3]提出了一

种基于全局灰度的图像兴趣区域提取算法。然而兴趣区域的选取受到诸多因素的影响,目前还没有统一的标准和性能优越的模型来评价和认定感兴趣区域。

在车辆的识别过程中,兴趣区域提取非常重要,较耗时,大约占整个算法 60% 的时间,通过并行方式加速提取 ROI 算法是一个行之有效的办法。Saifullah A 等^[4]提出了一种广义任务并行的多核实时调度方法。为了应对大数据量传输问题,通过设置缓冲区可以减少程序等待数据的时间,提高程序的运行效率。Liang H 等^[5]提出了一种基于优先级的缓冲队列调度算法;Bergan T 等^[6]提出了一种对多线程的输入覆盖

到稿日期:2016-01-09 返修日期:2016-07-11 本文受国家自然科学基金项目(61379048),中国科学院联盟院地合作项目:面向企业创新计算的高性能云服务平台和智能交通中的关键技术研究资助。

周艺华(1969—),男,博士,副教授,CCF 会员,主要研究方向为网络与信息安全、多媒体信息检索与内容安全, E-mail: zhoyuh@bjut.edu.cn; 王文东(1989—),男,硕士生,主要研究方向为并行与分布式计算;陈宏彩(1981—),女,助理研究员,主要研究方向为图像处理、计算机视觉;王 婷(1982—),女,博士,副研究员,主要研究方向为高性能计算等;张常有(1970—),男,博士,副研究员,主要研究方向为并行与分布式计算、协同计算、智能信息网络等, E-mail: changyou@iscas.ac.cn(通信作者)。

的方式来优化多线程程序的算法;Chen G 等^[7]通过对各种定量的指标对多线程程序中关键部分出现的性能瓶颈进行了分析;Dice D 等^[9]采用了一种新型的锁机制,在保证数据准确的同时,减少了锁的时间。

针对此问题,本文提出了一种基于 Pthreads 的并行车脸图像 ROI 提取算法,该算法采用多线程方式加速大数据量的监控图像 ROI 提取,减少了算法运行时间,相对于串行,优化后的并行算法能达到 13.1 倍的加速。

2 提取 ROI 算法描述

提取 ROI 算法的目的是为了将监控图像的车脸兴趣区域提取出来。该算法主要是对输入的图像进行处理,得到一个(或多个)感兴趣区域。该算法基于 OpenCV 实现,具体步骤为:

- 1)将图像 HSV 转换为 hsv1,并构造一个与原图大小相同的图像 paintx 来保存标记位置。
- 2)遍历 hsv1 中的像素,若该像素点符合车牌颜色要求,则在对应的 paintx 图像中标记该点素值从 0 变为 255,依次标记图像中所有车牌的位置。
- 3)以 paintx 标记点,对 hsv1 划定需要切割的块,依次切割原图并保存。整个分割提取 ROI 的流程图如图 1 所示。

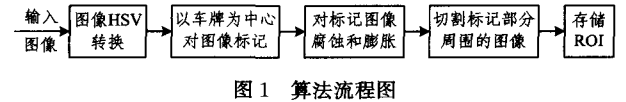


图 1 算法流程图

3 并行算法设计与优化

为了应对大数据量的监控图像,用 Pthreads 多线程的方式对算法进行加速。应用单位的机器配置为:2 路 6 核 12 个 CPU,并支持超线程到 24 个线程,所以需要考虑怎么充分利用这 24 个线程,怎么分组来达到负载均衡,使所有 CPU 核心能够充分利用。

3.1 基本的并行算法

该方案用 1 个线程将图像绝对路径(由于图像过大,若将图像加载到内存并保存到缓冲队列,23 个线程用一个缓冲区会造成资源不足,因此该方案是在缓冲队列里存放图像的绝对路径,这样剩余 23 个线程只需要从队列中提取出图像路径即可)加到缓冲队列,其余的 23 个线程依次从缓冲队列读取图像绝对路径,根据绝对路径先将图像加载到内存,然后再提取 ROI 并保存。

经过实验验证,相对于串行,在对比 10000 张图像数据的情况下,该算法加速 11.9 倍。经分析,由于采用 1 个线程将绝对路径加载到缓冲队列,23 个线程从缓冲队列取数据并提取 ROI,因此 23 个线程共享一个缓冲区,需要不停地加锁、解锁来锁住和释放缓冲区。线程中的数据等待影响了计算速度,可以考虑通过增加队列缓冲区,来减少共享每个缓冲队列的线程数量,从而减少对每个缓冲队列加锁、解锁的次数,以进一步提高加速比。

3.2 基本并行算法性能优化

基本的并行算法存在如下问题:1)所有线程共享一个缓冲队列,需要不断地加锁、解锁来取数据,浪费了大量时间;2)每个提取 ROI 的线程需要先根据图像绝对路径加载图像到内存之后才提取 ROI。

针对以上问题,考虑采用多缓冲队列的方式,将提取 ROI 线程分为几组,每个组共享一个缓冲队列,减少加锁每个缓冲区的次数。另一方面,将提取 ROI 线程中加载图像到内存的过程独立出来,用多线程并行的方式读取数据。

对算法的时间进行分析,加载监控图像过程大约耗时 30ms,占整个算法耗时的 1/8,每个读取数据的线程能够满足 7 个提取 ROI 的线程。对 24 个线程进行分组,每 8 个线程 1 组,共分 3 组,每组一个缓冲区。算法流程如图 2 所示。

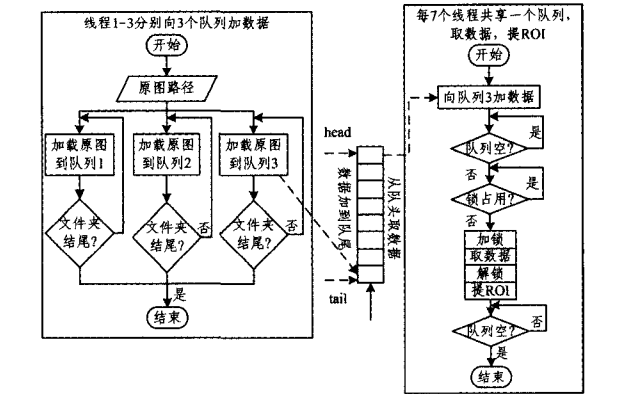


图 2 优化后的并行算法流程图

4 实验

实验条件:服务器为 2 路 6 核 Intel Xeon CPU E5-2620 v2 @ 2.10GHz 的 CPU,内存 32GB。

实验数据:通过对比 1000,5000,10000 张等数据量的交通卡口监控图像的串行和并行算法时间,来验证基本并行算法的加速效果。其中,进行对比的串行算法采用一个线程按顺序从文件夹中读取图像并提取 ROI,不采用缓冲队列(用缓冲队列会消耗时间)。

基本的并行算法的实验结果如表 1 所列。

表 1 基本并行算法时间比较				
监控图像数量/张	100	1000	5000	10000
计算时间/基本并行	1766	15149	74510	148711
ms 串行算法	17916	178372	891863	1773733
加速倍数	10.1	11.7	11.9	11.9

相对于串行,优化的并行算法在 10000 张图像数据的情况下,加速比能达到 13.1 倍。相比于基本并行算法,优化的并行算法减少了共用每个缓冲区的线程数,从整体上减少了每个缓冲队列的加锁、解锁的次数,降低了资源竞争的可能。为了验证算法的稳定性,用不同的数据量进行测试,如 100,1000,5000,10000 张监控图像,结果如表 2 所列。

表 2 优化并行算法时间比较				
监控图像数量/张	100	1000	5000	10000
计算时间/优化方案	2386	14956	68923	135749
ms 串行算法	17916	178372	891863	1773733
加速比	7.5	11.9	12.9	13.1

并行算法时间折线图如图 3 所示。

可以看出,随着图像数据的增加,优化并行算法加速比逐渐增加了 13.1 倍。起初由于数据量少,需要耗费时间来准备数据,随着数据量的增加,加速的效果越来越明显。

卢志茂,冯进玫,范冬梅,等.面向大数据处理的划分聚类新方法[J].系统工程与电子技术,2014,36(5):1010-1015.

- [15] WU M H, ZHANG H X, JIN C H, et al. Cluster Algorithm Bases on edge Density Distance[J]. Computer Science, 2014, 41(8):245-249. (in Chinese)
吴明晖,张红喜,金苍宏,等.一种基于边缘密度距离的聚类算法[J].计算机科学,2014,41(8):245-249.
- [16] LI G, ZHANG Z B, LIU F X, et al. Nonlinear combinatorial collaborative filtering recommendation algorithm[J]. Journal of Computer Applications, 2011, 31(11):3063-3067.
- [17] LIU X N, YIN M J, LI M T, et al. Hierarchical Affinity Propagation Clustering for Large-scale Data Set[J]. Computer Science, 2014, 41(3):185-188, 192. (in Chinese)
刘晓楠,尹美娟,李明涛,等.面向大规模数据的分层近邻传播聚类算法[J].计算机科学,2014,41(3):185-188, 192.
- [18] ALBERT R, JEONG H H, BARABÁSI A L. Attack and Error Tolerance of Complex Networks[J]. Nature, 2000, 406: 378-382.
- [19] WU Y F, WANG H R. Collaborative filtering algorithm using user background information[J]. Computer Applications, 2008, 28(11):2972-2974. (in Chinese)
吴一帆,王浩然.结合用户背景信息的协同过滤推荐算法[J].计算机应用,2008,28(11):2972-2974.
- [20] SUN G M, WANG S. Compute adaptive fast recommendation algorithm satisfied user interests drift[J]. Application Research of Computers, 2013, 30(12):3618-3621. (in Chinese)
孙光明,王硕.基于项目兴趣度的协同过滤新算法[J].计算机应用研究,2013,30(12):3618-3621.
- [21] KEPHART J, CHESS D. The Vision of Autonomic Computing[J]. IEEE Computer Society, 2003, 36(1):41-50.
- [22] JÄRVELIN K, KÉKÄLÄINEN J. Evaluation methods for retrieving highly relevant documents[C]//Proceedings of the 23rd Annual

International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR'00). ACM, New York, NY, USA, 2000:41-48.

- [23] CHAPPELLE O, METZGER D, ZHANG Y, et al. Expected reciprocal rank for graded relevance[C]//Proceedings of the 18th ACM Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'09). ACM, New York, NY, USA, 2009:621-630.
- [24] HU Y, KOREN Y, VOLINSKY C. Collaborative filtering for implicit feedback data sets[C]//Proceedings of the 2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining (ICDM'08). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2008:263-272.
- [25] GANTNER Z, DRUMOND L, FREUDENTHALER C. Bayesian personalized ranking for non-uniformly sampled items[C]//Proceedings of Knowledge Discovery and Data Mining (KDD) Cup and Workshop, 2011.
- [26] WEIMER M, KARATZOGLOU A, SMOLA A. Improving maximum margin matrix factorization[J]. Mach. Learn, 2008, 72(3): 263-276.
- [27] RENDLE S, FREUDENTHALER C, GANTNER Z. Bayesian personalized ranking from implicit feedback [C]//Proceedings of the 25th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI'09). AUAI Press, Arlington, Virginia, United States, 2009:452-461.
- [28] SALAKHUTDINOV R, MNH A. Probabilistic matrix factorization[C]//Proceedings of Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS'08). 2008:1257-1264.
- [29] PATEREK A. Improving regularized singular value decomposition for collaborative filtering [C]//Proceedings of Knowledge Discovery and Data Mining (KDD) Cup and Workshop, 2007: 39-42.
- [30] LIU W, WU C, Feng B, et al. Conditional preference in recommender systems [J]. Expert Syst. Appl., 2015, 42(2):774-788.

(上接第37页)

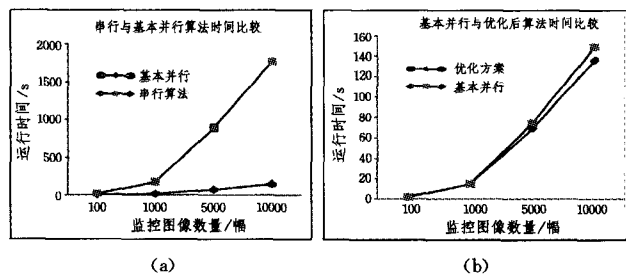


图3 并行算法时间折线图

而通过图3(b)可以看出,优化并行算法执行时间比基本并行算法短。

结束语 经过验证,通过对算法进行分解,采取多线程处理数据的处理方式,而提取ROI用其余的线程并行运行的方式。在此基础上对线程进行分组,每8个线程一组,每组共享一个缓存队列,减少共享缓冲队列的线程数和每个缓冲区锁定的次数,以达到减少线程等待数据时间的目的。优化后的算法运行时间相比串行时间能达到大约13.1倍的加速。

参考文献

- [1] FREJLICHOWSKI D, GRZEGORZEWICZ K. An Approach to Automatic Detection and Extraction of Regions of Interest in Still Images[M]//Image Processing and Communications Challenges 4. Springer Berlin Heidelberg, 2013:3-10.
- [2] HIO C, BERMINGHAM L, CAI G, et al. A Hybrid Grid-based Method for Mining Arbitrary Regions-of-Interest from Trajectories[C]//The Workshop on Machine Learning for Sensory Data Analysis, 2013.
- [3] EHTESHAMI N S M, TABANDEH M, FATEMIZADEH E. A new ROI extraction method for FKP images using global intensity[C]//2012 Sixth International Symposium on Telecommunications (IST). IEEE, 2012:1147-1150.
- [4] SAIFULLAH A, LI J, AGRAWAL K, et al. Multi-core real-time scheduling for generalized parallel task models[J]. Real-Time Systems, 2013, 49(4):217-226.
- [5] LIANG H, LIU R, GUO W. Performance of the Buffer Queue With Priority For Dynamic Spectrum Access[C]//2010 International Conference on Advanced Intelligence and Awareness Internet (AIAI 2010). 2010:109-112.
- [6] BERGAN T, CEZE L, DAN G. Input-Covering Schedules for Multithreaded Programs[J]. ACM Sigplan Notices, 2013, 48(10):677-692.
- [7] CHEN G, STENSTROM P. Critical lock analysis: Diagnosing critical section bottlenecks in multithreaded applications[C]//Proceedings of the 2012 International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis. IEEE Computer Society, 2012:1-11.
- [8] DICE D, MARATHE V J, SHAVIT N. Lock cohorting: a general technique for designing NUMA locks[J]. ACM Sigplan Notices, 2012, 47(8):247-256.