

多核并行技术在 Image Quilting 纹理合成算法中的应用

于梦玲¹, 郑晓薇¹, 张建强², 侯立斐¹

(1 辽宁师范大学 计算机与信息技术学院, 辽宁 大连 116081;

2 内蒙古大学 满洲里学院, 内蒙古 满洲里 021400)

摘 要: 针对 Image Quilting 纹理合成算法的新旧纹理块拼接特点, 研究了一种创建多任务实现纹理块切割拼接的并行编程模式. 设计了重叠区域缝合路径计算的多任务模块函数 iq(), 利用 MATLAB 多核集群中创建的调度器将子任务分配到各个节点上并行执行计算. 实验结果表明, 该算法获得了较好的加速比, 提高了多核 CPU 的使用效率, 有效地提升了多核计算机资源的利用率.

关键词: Image Quilting 纹理合成; MATLAB 多核集群; 图像分割; 多任务创建; 并行计算

中图分类号: TP301.6; TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)07-0146-04

The Application of Multi-core Parallel Technology in Image Quilting Algorithm for Texture Synthesis

YU Meng-ling¹, ZHENG Xiao-wei¹, ZHANG Jian-qiang², HOU Li-fei¹

(1 College of Computer and Information Technology, Liaoning Normal University, Dalian 116081, China;

2 Manzhouli College, Inner Mongolia University, Manzhouli 021400, China)

Abstract: According to Image Quilting for texture synthesis algorithm characteristic that the new and old texture pieces spliced, a parallel programming model that creating multi-task realized the texture pieces to cut and splice was studied to Image Quilting for texture synthesis algorithm. A functional module named iq() was designed for the calculation of suture path in the overlapping area, subtasks assigned to each worker executed parallel computing by using of the scheduler of MATLAB multi-core clusters. The experimental results indicated that this algorithm can achieve a better speed-up ratio and enhance the available efficiency of multi-core CPU and promote the utilization rate of multi-core computer resources effectively.

Key words: Image Quilting texture synthesis; MATLAB multi-core clusters; image segmentation; multi-task creation; parallel computing

1 引言

基于样图的纹理合成可分为基于点的合成法和基于块的合成法. 本文采用的 Image Quilting 纹理合成算法属于基于块的合成法. 它是 2001 年 Efros 等人首次提出的. Image Quilting 纹理合成算法对于引入块内和块间的接缝问题, 根据待合成块特定邻域内相应像素位置的差异搜索匹配块, 在新旧纹理块的重叠区域使用 Dijkstra 算法查找最小误差缝

合路径以决定新旧纹理块的不规则裁剪形状的方法, 有利地保持了块边界处的纹理信息. 其基本思想是: 根据给定的纹理样图, 按照其表面几何形状, 充分利用现有纹理特征资源拼合纹理块, 生成指定面积的二维纹理图^[1-2]. 在肉眼识别范围保持对纹理结构的连续性和相似性.

具体步骤^[3-4]: (1) 在给定的样图中切割指定大小的纹理块形成样本块序列, 从中随机选取一块纹理样本贴到输出图像中; (2) 从样本块序列中预选一

块满足重叠区域设定阈值的纹理块置于输出图的待合成块位置;(3)对重叠区域采用 RGB 像素空间的欧氏距离衡量纹理块边界的匹配程度. 计算重叠区域的误差曲面 $e = (p_1 - p_2)^2$ (p_1, p_2 为两纹理样本块边界重叠区域对应坐标的 RGB 像素点),由计算终点回溯找到一条最小误差路径. 垂直方向最小误差路径计算公式为

$$E_{ij} = \begin{cases} e_{ij}, & i = 1 \\ e_{ij} + \min\{E_{i-1,j-1}, E_{i-1,j}, E_{i-1,j+1}\}, & i > 1 \end{cases}$$

如果路径的累积误差值满足阈值即找到最佳缝合路径,将此纹理样本块放到合成图中与原有纹理块缝合;如不满足则选择其他纹理样本块重新计算,以扫描线顺序按行按列重复计算误差曲面与最小误差路径直至完成全部合成,最后输出合成图像.

本文选取 120×120 大小的 RGB 像素空间矩阵的纹理样本块,重叠区域所涉及的 RGB 像素空间分别为 120×20 垂直左边界、 20×120 水平上边界和 L 型左上边界. 除最后一行和最后一列外,每个已合成的纹理样本块在完成块拼接后在合成图像中的大小是 100×100 . 最后一块纹理样本块以 120×120 大小的面积被复制到合成图像中,末行末列的其余纹理样本块分别以 120×100 、 100×120 复制到合成图像中的相对位置上.

2 Image Quilting 纹理合成多核并行算法

2.1 合成过程并行性分析

Mathworks 公司^[5-6]开发的分布式计算工具箱可以在多处理器计算环境中使用 MATLAB 和 Simulink 解决计算数据密集型问题. 并行计算工具箱可在多核或多处理器桌面上执行应用程序解决大型计算的问题. 借助 MATLAB 并行计算工具箱的 M-Lint 语法分析功能和 Profiler 剖析器,分析 Image Quilting 算法合成过程中串行程序各部分函数调用个数、次数、消耗时间占总时间的比例,从而获知该串行程序中占系统开销比例最大的代码是重叠区域最小误差路径计算和切割过程.

由 Image Quilting 算法的基本思想可知新旧纹理块的拼接工作是通过计算纹理块边界处重叠区域的最小误差路径完成的. 纹理合成图中第一行第一列纹理块的选取是从样本序列块中随机选取,第一行其他列和第一列其他行纹理块的选取则要分别考虑待合成块左边界垂直方向重叠区域和上边界水平方向重叠区域最小误差路径的累积误差值,其余行列纹理块的选取都要考虑左边界和上边界构成的 L

型重叠区域的最小误差路径的累积误差值.

随着纹理矩阵规模的加大, L 型重叠区域最小误差路径的计算量将成 n^2 倍的加大,与此同时将耗费处理器更多资源. 针对这一问题,本文采用多任务并行方法将合成图像均等分割,相应的每个合成图像的矩阵规模按比例减半,并映射到 MATLAB 多核集群节点上. 这样不仅减少了 L 型重叠区域的计算量,也在多核集群平台充分利用了多核处理器资源.

2.2 Image Quilting 并行算法设计

Image Quilting 纹理合成算法并行优化过程中,合成图像分割与多任务并行处理流程如图 1 所示.

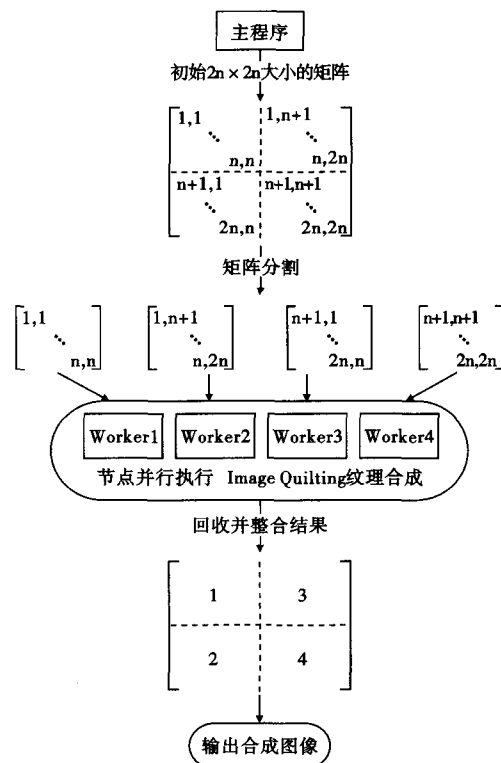


图 1 多任务并行流程图

并行算法的设计思想是:将指定面积的合成图像均等分割,根据均分后合成图像的个数创建相应的任务,将其分配到集群各节点上. 将重叠区域最小误差路径计算和切割过程定义为独立模块函数 $iq()$ 存放于指定路径下,看作一个 MATLAB 库函数. 多任务并行执行模块函数 $iq()$,从节点机上回收结果,再将结果整合处理后输出,即得到合成图像. 本文采用 job 和 tasks 方法在集群环境下实现多任务并行计算. 步骤如下:

(1)通过 $findResource()$ 函数寻找集群调度员

系统,在创建的对象 jm 调度器上创建 job1 作业。

(2)创建 Image Quilting 模块函数 iq()完成重叠区域最小误差路径的计算和纹理块切割拼接,在 createJob()函数中指定模块函数名和路径。

(3)在作业 job1 中创建与均分合成图像数量相应的任务,将 RGB 像素空间表示合成图像的子矩阵按任务分配到集群指定节点上。

(4)通过 submit()函数提交任务到后台集群。各节点并行运行模块函数 iq()处理子矩阵数据。

(5)getAllOutputArguments()从节点机上回收所有执行结果到集群主机,最后从作业管理器上删除存储作业数据,即销毁作业。

主要并行代码如下:

```
jm=findResource('scheduler','type','job-
manager','name','jobm01','LookupURL',
'node01');
job1=createJob(jm,...
'FileDependencies',{'iq.m'},...
'PathDependencies',{'D:\My Documents\
MATLAB\Image_Quilting'});
createTask(job1,@iq,1,{X1});
createTask(job1,@iq,1,{X2});
createTask(job1,@iq,1,{X3});
createTask(job1,@iq,1,{X4});
submit(job1);
waitForState(job1,'finished');
results=getAllOutputArguments(job1);
destroy(job1);
res1=results{1};
res2=results{2};
res3=results{3};
res4=results{4};
```

3 实验结果及分析

为了提升了程序性能,在 MATLAB 多核集群平台下实现对 Image Quilting 纹理合成算法并行设计。实验中对加速比和多核 CPU 的运行效率做出对比测试。

(1) 实验环境

硬件:由节点 Intel(R)Core(TM)i3CPU530@2.93GHz(2CPUs),2GB 内存构建 16 节点集群。

软件:Microsoft Windows XP professional service pack3 操作系统;MATLAB(R2009b)分布式并行计算集群(Parallel Computing Toolbox™

4.1 和 MATLAB Distributed Computing Server™4.1)。

(2) 实验结果

在保证生成稳定合成图像的前提下,采用集群环境对 Image Quilting 算法设计了多任务并行求解 RGB 像素空间的方法,并对算法进行了实验验证,获得了较好的实验效果。合成图像的纹理矩阵规模 n 从左到右依次为 10、20、30。

(3) 测试结果分析

本文根据合成图像的不同规模对串并程序运行时间进行测试,如表 1 所示。

表 1 基于 Image Quilting 纹理合成算法串并行性能对比

矩阵规模(n)	10	20	30
串行时间	72.120209	349.557585	914.777520
并行时间	21.874494	96.509548	236.927614
加速比	3.297	3.622	3.861
CPU 运行效率	82.4%	90.6%	96.5%

由表 1 记录的实验数据可以看出:(1)随着矩阵规模增加,计算量也相应加大,并行执行时间比串行执行时间的增长趋势明显加大,说明计算量越大并行优势越显著。(2)加速比接近核数:随着矩阵阶数的增加,加速比慢慢增长。这是由于随着矩阵规模的加大,并程序执行过程中集群产生消息传递、数据移动等的额外开销占用 CPU 资源在减少,即节点承担本身的额外开销在减小。(3)对算法的并行化设计比原串行程序执行效率更高,CPU 运行效率几乎呈线性增长。

Image Quilting 算法并行化能够较好的保持纹理特征的连续性,在并行过程中对某些结构性较强的图像在最后整合过程会有一些细小的块间接缝问题,但这是在肉眼可接受的范围内,对合成图像的质量影响不大。并行后 Image Quilting 算法稳定的合成结果图像及计算时间优势充分说明了对该算法并行设计的可行性和 MATLAB 多核集群的可扩展性。

4 结束语

本文采用一种全新的面向多任务并行编程模式设计多核应用程序。在 MATLAB 多核集群上对算法并行化的过程中需要完成的是指定面积合成图像的分割、多任务的创建、RGB 像素空间矩阵在节点机上分配、计算和结果整合过程,而不用特别关注多

核并程序的负载平衡. 设计了重叠区域最小误差路径计算多任务模块函数并利用 MATLAB 多核集群任务调度器组件实现了 Image Quilting 纹理合成算法并行化,提高了多核处理器的运行效率,体现了面向多任务构建并行模块方法的可行性和实用性. MATLAB 丰富的库函数以及 Windows 操作系统上的集群相比 OpenMP、MPI 等并行环境对解决同规模串行程序性能瓶颈和并行优化问题效果更佳. 本文对 MATLAB 并行算法做了一些尝试性工作,获得了很好的效果.

参考文献:

- [1] 周伟明. 多核计算与程序设计[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2009.
- [2] LIANG L, LU C. Real-time texture synthesis is by patch based sampling[J]. ACM Transaction on Graphics, 2011,20(3):127-150.
- [3] 林定,陈崇成,唐丽玉,等. 基于 Image Quilting 算法的纹理合成[J]. 系统仿真学报,2008(9): 381-385.
- [4] 诸葛振荣,杨敏. Image Quilting 纹理合成算法的实现

与改进[J]. 机电工程,2010,27(2):43-45.

- [5] MathWorks 公司. Parallel computing toolbox user's guide. MATLAB distributed computing server system administrator's guide[EB/OL]. [2009-11-04]. <http://www.mathworks.com/help/toolbox/mdce/index.html//>.
- [6] MathWorks 公司. MathWorks 中国-录制的网上研讨会应用[EB/OL]. [2010-11-04]. http://www.mathworks.cn/company/events/webinars/index.html?s_cid=HP_E_RW.

作者简介:

于梦玲 女,(1985—),硕士研究生. 研究方向为并行计算、多核计算机系统.

郑晓薇 女,(1957—),教授. 研究方向为并行计算、多核计算机系统.

张建强 男,(1981—),硕士研究生,助教. 研究方向为并行计算.

侯立斐 男,(1987—),硕士研究生. 研究方向为模式识别、并行计算.

(上接第 145 页)

PSO-GNNM(1, N) 预测法的平均相对误差为 0.19%, 小于另两种方法的 0.39% 和 4.17%, 满足实际应用的需求. 从图 5 可以看出该方法的拟合和预测精度比其他两种高, 其拟合和预测的年用水量更接近于实际值. 由于神经网络具有较强的非线性运算能力, 其计算结果具备较高的精度, 可反映出用水量随时间变化的趋势, 而 PSO-GNNM(1, N) 预测法吸取了二者的优点, 利用有限的样本数据, 即可对非线性模型进行映射, 提高了预测的精度, 为水资源管理和规划可提供有力的依据.

6 结束语

本文借鉴灰色理论和神经网络提出了 PSO-GNNM(1, N) 预测方法, 该方法充分利用了灰色模型和神经网络模型的优点, 将二者形成了一个有机的整体, 在对天津市城市用水量的预测中取得了较好的效果.

参考文献:

- [1] 刘洪波, 张宏伟, 田林. 人工神经网络法预测时用水量[J]. 中国给水排水, 2002, 18(12): 39-41.
- [2] 李小燕. 灰色神经网络预测模型的优化研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.
- [3] 钟珞, 饶文碧, 邹承明. 人工神经网络及其融合应用技术[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [4] 李海娜. 基于 PSO-BP 神经网络的铝带坯晶粒度软测量建模及优化[D]. 长沙: 湖南大学, 2009.
- [5] MATLAB 中文论坛. MATLAB 神经网络 30 个案例分析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010.
- [6] 李娜. 粒子群算法及其应用研究[J]. 农业网络信息, 2010, 25(7): 146-148.
- [7] 董晓慧. 基于粒子群算法的神经网络及其应用的研究[D]. 济南: 济南大学, 2006.

作者简介:

胡瑜 女,(1964—), 工学硕士, 副教授. 研究方向为智能检测技术.