

2021 年第二届 ACM 中国-国际并行计算挑战赛 初赛-赛题

SLIC (Simple Linear Iterative Clustering) 超像素算法并行优化

一、赛题简介

超像素算法就是将图像中的像素依据某种相似性进行聚类，形成一个大“像素”，这个大“像素”可以作为其他图像处理算法的基础。在众多的超像素算法中，比较常用的是 SLIC (simple linear iterative clustering)，它是 Radhakrishna Achanta 等人于 2010 年提出的一种简单高效的超像素算法，它的计算复杂度为 $O(N)$ ，其中 N 为图像像素点个数。

SLIC 算法的基本思想是，首先将图像从 RGB 颜色空间转换到 CIE-Lab 颜色空间，并把每个像素的 (L, a, b) 颜色值和 (x, y) 坐标值组成一个 5 维的特征向量 $V[L, a, b, x, y]$ ，然后，根据给定的网格步长 S ，初始化聚类中心 $C_k = [l_k, a_k, b_k, x_k, y_k]^T$ ，之后在每个聚类中心 C_k 的邻域 ($2S \times 2S$)，计算邻域内各像素与该 C_k 点的相似性度量，从而对邻域内的像素点进行聚类，之后迭代更新聚类中心，直至满足收敛条件。

SLIC 算法的具体流程如下，

Algorithm 1 SLIC superpixel segmentation

```

/* Initialization */
Initialize cluster centers  $C_k = [l_k, a_k, b_k, x_k, y_k]^T$  by
sampling pixels at regular grid steps  $S$ .
Move cluster centers to the lowest gradient position in a
 $3 \times 3$  neighborhood.
Set label  $l(i) = -1$  for each pixel  $i$ .
Set distance  $d(i) = \infty$  for each pixel  $i$ .

repeat
  /* Assignment */
  for each cluster center  $C_k$  do
    for each pixel  $i$  in a  $2S \times 2S$  region around  $C_k$  do
      Compute the distance  $D$  between  $C_k$  and  $i$ .
      if  $D < d(i)$  then
        set  $d(i) = D$ 
        set  $l(i) = k$ 
      end if
    end for
  end for
  /* Update */
  Compute new cluster centers.
  Compute residual error  $E$ .
until  $E \leq \text{threshold}$ 

```

作者相关论文:

- 1) Radhakrishna Achanta, Appu Shaji, Kevin Smith, Aurelien Lucchi, Pascal Fua, and Sabine Süsstrunk, SLIC Superpixels Compared to State-of-the-art Superpixel Methods, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 34, num. 11, p. 2274 – 2282, May 2012.
- 2) Radhakrishna Achanta, Appu Shaji, Kevin Smith, Aurelien Lucchi, Pascal Fua, and Sabine Süsstrunk, SLIC Superpixels, EPFL Technical Report no. 149300, June 2010.

二、 赛题说明

1. 源代码包括以下文件
 - 1) SLIC.cpp: 计算主程序;
 - 2) SLIC.h: 声明文档;
 - 3) input_image.ppm: 输入图像, ppm 格式;
 - 4) check.ppm: 基准验证文件, ppm 格式。
2. 程序使用方法
 - 1) 参考编译命令: `g++ -std=c++11 SLIC.cpp -o SLIC`
 - 2) 运行命令: `srun -p amd_256 -N 1 ./SLIC`
3. 初赛考核程序在计算部分所用时间, 即 `slic.PerformSLICO_ForGivenK` 函数运行时间, 以程序自带计时功能的屏幕输出时间为准。
4. 输入图像文件 `input_image.ppm`、基准验证文件 `check.ppm` 不可修改。
5. 可以改变程序的数据结构和数据类型。新代码的声明、实现及 ppm 数据读取等功能代码可以在计时区域外的相同功能原代码基础上等价修改, 其余除声明、实现及 ppm 数据读取以外的代码, 均须在计时范围内添加、修改。
6. 不可只针对当前算例对程序进行非通用性优化。
7. 程序输出格式须保持不变, 以基准验证文件 `check.ppm` 作为正确性评判标准, 以原程序屏幕输出的差异点个数为正确性标准, 0 为通过, 其余为不通过。
8. 参赛队可自行更改编译方式, 需在提交作品时一并提供。
9. 后续将发布多组参数和数据用于结果验证, 各组数据对最终成绩权重占比相同。

三、 作品内容及要求

1. 优化版源代码
 - 1) 包含编译、运行方式。可进行重新编译, 并且能够正确生成可执行文件。
 - 2) 不涉及版权问题, 大赛组委会不负责保障源代码安全。

2. 性能优化过程记录表（模板下载链接后附）

3. 技术报告 PPT（模板下载链接后附）

- 1) 应用程序运行的硬件环境和软件环境，其中软件环境至少包括操作系统、并行环境、相关依赖软件、所运行的应用负载等。
- 2) 提供参赛应用程序的代码结构，从设计思路到主要流程设计及主要功能模块。
- 3) 详细介绍参赛应用程序中采用的优化方法，基于优化方法达到的优化结果和性能指标。
- 4) 详细描述程序运行结果。
- 5) 参赛作品讲解录音（不多于 5 分钟），注意录音环境安静，确保作品质量。

于 2021 年 8 月 31 日前压缩以上文件上传至百度云盘（注意文件分享选择“永久有效”），登录官网个人主页，在“我的队伍”界面选择对应赛事队伍后提交。

四、 竞赛平台

1. 北京超级云计算中心 (<https://cloud.blsc.cn/>)

五、 竞赛形式及规则

1. 所有赛区初赛组织专家评审会，针对所有参赛方案进行评分，参赛队无需出席。
2. 参赛队需在作品提交截止前（8 月 31 日）于组委会指定平台 (<https://cloud.blsc.cn/>) 运行初赛程序。
（注意：请提前注册平台账号并申请试算核时）
3. 提交方式：上传百度网盘，登录官网个人主页，在我的队伍界面提交链接及提取码。
4. 组委会收到参赛队程序后，将以程序运行 5 次时间的均值作为上机成绩最终评分依据。
5. 初赛成绩中，上机成绩占比 80%，技术报告 PPT 讲解占比 20%。
6. 如参赛队发生任何学术不端、违反组委会规定的行为，组委会有权取消其参赛资格，并视情况向所在单位通报。

六、 联系我们

1. 官网：www.paraedu.org.cn
2. 微信：北京超级云计算中心（ID：BJBLSC）
3. 组委会：18310726311 余老师（QQ916034114）
4. IPCC-QQ 群：1046805935（学生/参赛选手）；1095416620（指导老师）
5. 邮箱：ACM_IPCC@163.com



赛题提供单位：

中关村科学城城市大脑股份有限公司（原中海纪元）

--2003 年成立，由中关村科学城国资控股，百度、中国联通、城市大脑基金参股，覆盖政府城市管理一网统管、政务服务一网通办全场景应用

--主营业务：城市大脑（智慧城市中枢）建设运营服务

--专业领域：人工智能、数字孪生、智能硬件等

--核心产品：AI 计算中心、数字孪生城市、IOCC 智能运行中心以及链 I 系列

--产品案例：疫情防控系列产品、海淀城市大脑

注意：

1. 代码下载链接：<https://pan.baidu.com/s/1aZ6sgP453KWvMxuNgtCIHA>
提取码：IPCC
2. 本赛题涉及的技术内容已获得作者授权，如需商业用途请同作者联系。因此产生的问题，IPCC 组委会不承担法律责任。
3. 以上内容最终解释权归 IPCC 组委会所有。

