

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**Институт №8 «Информационные технологии и прикладная математика»  
Кафедра 806 «Вычислительная математика и программирование»**

**Лабораторная работа №3  
по курсу «Параллельная обработка данных»**

**Технология MPI и технология OpenMP**

Выполнил: М.А.Трофимов

Группа: 8О-408Б

Преподаватели: К.Г. Крашенинников,  
А.Ю. Морозов

Москва, 2021

## Условие

**Цель работы.** Совместное использование технологии MPI и технологии OpenMP. Реализация метода Якоби. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа в трехмерной области с граничными условиями первого рода. **Вариант: 2.** Распараллеливание в общем виде с разделением работы между нитями вручную (“в стиле CUDA”).

## Программное и аппаратное обеспечение

### Характеристики GPU "NVIDIA GeForce GTX 950"

CUDA Driver Version / Runtime Version 11.4 / 11.4  
CUDA Capability Major/Minor version number: 5.2  
Total amount of global memory: 1997 MBytes (2094137344 bytes)  
(006) Multiprocessors, (128) CUDA Cores/MP: 768 CUDA Cores  
GPU Max Clock rate: 1278 MHz (1.28 GHz)  
Memory Clock rate: 3305 Mhz  
Memory Bus Width: 128-bit  
L2 Cache Size: 1048576 bytes  
Maximum Texture Dimension Size (x,y,z) 1D=(65536), 2D=(65536, 65536), 3D=(4096, 4096, 4096)  
Maximum Layered 1D Texture Size, (num) layers 1D=(16384), 2048 layers  
Maximum Layered 2D Texture Size, (num) layers 2D=(16384, 16384), 2048 layers  
Total amount of constant memory: 65536 bytes  
Total amount of shared memory per block: 49152 bytes  
Total shared memory per multiprocessor: 98304 bytes  
Total number of registers available per block: 65536  
Warp size: 32  
Maximum number of threads per multiprocessor: 2048  
Maximum number of threads per block: 1024  
Max dimension size of a thread block (x,y,z): (1024, 1024, 64)  
Max dimension size of a grid size (x,y,z): (2147483647, 65535, 65535)  
Maximum memory pitch: 2147483647 bytes  
Texture alignment: 512 bytes

### Характеристики CPU Intel i5-4460

# of Cores 4

# of Threads 4

Processor Base Frequency 3.20 GHz

Max Turbo Frequency 3.40 GHz

Cache 6 MB Intel® Smart Cache

Bus Speed 5 GT/s

Intel® Turbo Boost Technology 2.0 Frequency 3.40 GHz  
TDP 84 W

#### Характеристики RAM

Total 15 Gi

Swap 2 Gi

Операционная система: Ubuntu 20.04 LTE

IDE Sublime Text 3

Compiler nvcc for cuda 11.4

## Метод решения

На каждый процесс приходится один блок 3хмерной сетки. Блок тоже является 3хмерной сеткой. Процесс итерационно решает уравнение. В конце каждой итерации каждый процесс обменивается с “соседними” процессами граничными точками. Обмен происходит неблокирующими `isend` и `irecv`, а проверка сходимости определяется с помощью `allreduce`. Итерация решателя распараллеливается на CPU с помощью OpenMP. Обмен граничными условиями сделан с помощью `subarray` типа.

## Описание программы

В программе всё вынесено в разные функции:

`f_max` - самодельный `max` двух даблов.

`read_Args` - считать аргументы из `stdin`.

`bcast_Args` - разослать аргументы всем остальным процессам.

`init` - инициализировать массив точек блока.

`swap` - обмен местами двух указателей

`print_data` - печать данных в файл `arg.name`

`do_math` - одна итерация решателя распараллеленная с помощью `openmp`.

`calc_eps` - подсчёт ошибки на всех данных.

`init_buff` - инициализация типов, для общения между процессами.

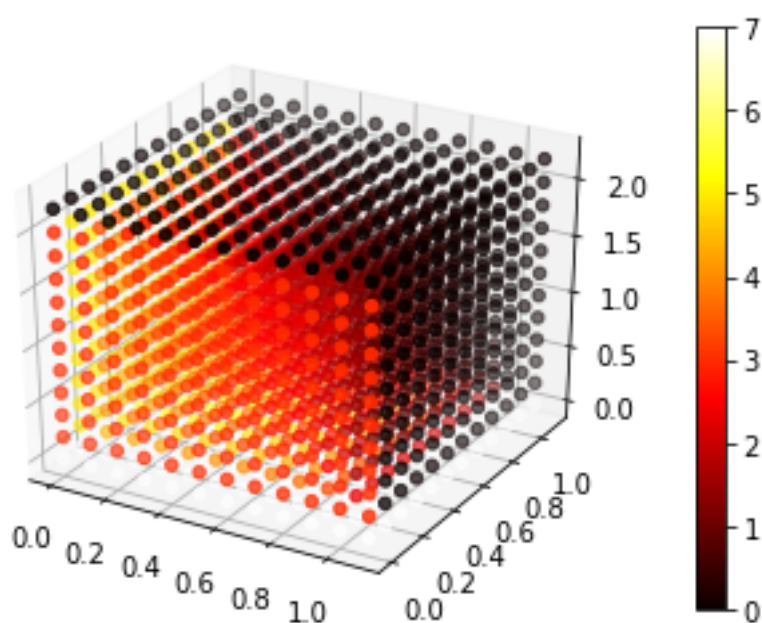
`pre_proc_max` - создание массива разностей значений между итерациями и зануление границ, чтобы `thrust::max_element` нашёл именно максимальный элемент внутри сетки.

`sync_edges` - функция обмена границами между процессами.

## Демонстрация работы

Процессы решают задачи на области от 0 до 1 по каждой оси и сеткой 10 точек на каждую ось, кроме `oz`, по `oz` 100 точек.

размер сетки процессов	время работы, ms
cpu	6734.14
1,1,1	7161.37
1,1,2	3747.48
1,2,1	3691.02
1,2,2	182719
2,2,1	225014



## Выводы

Научился работать с технологией OpenMP, благодаря которой можно достаточно неплохо параллелить программы. Как видно, на компьютере с 4х ядерном процессоре и одной видеокарте увеличение скорости работы наблюдается только на конфигурации с 2мя главными процессами, т.к. не все процессы работают одновременно физически, а чередуют свою работу.