МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

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

Лабораторная работа №2
по курсу «Параллельная обработка данных»

Технология MPI и технология CUDA. MPI-IO

Выполнил: К.О.Вахрамян
Группа: 8О-406Б
Преподаватели: К.Г. Крашенинников,
А.Ю. Морозов

Москва, 2021

Условие

Кратко описывается задача:

1. **Цель работы.**
   Совместное использование технологии MPI и технологии CUDA.
   Применение библиотеки алгоритмов для параллельных расчетов Thrust. Реализация метода Якоби. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа в трехмерной области с граничными условиями первого рода. Использование механизмов MPI-IO и производных типов данных.
2. Вариант задания.
   MPI_Type_hvector

Программное и аппаратное обеспечение

GPU:

--- General Information for device ---
Name: NVIDIA GeForce GTX 1650
Compute capability: 7.5
Clock rate: 1560000
Device copy overlap: Enabled
Kernel execution timeout : Enabled
--- Memory Information for device ---
Total global mem: 4100521984
Total constant Mem: 65536
Max mem pitch: 2147483647
Texture Alignment: 512
--- MP Information for device ---
Multiprocessor count: 16
Shared mem per mp: 49152
Registers per mp: 65536
Threads in warp: 32
Max threads per block: 1024
Max thread dimensions: (1024, 1024, 64)
Max grid dimensions: (2147483647, 65535, 65535)

CPU:

Architecture: x86_64
CPU op-mode(s): 32-bit, 64-bit
Byte Order: Little Endian
Address sizes: 39 bits physical, 48 bits virtual
CPU(s): 8
On-line CPU(s) list: 0-7
Thread(s) per core: 2
Core(s) per socket: 4
Socket(s): 1

NUMA node(s): 1
Vendor ID: GenuineIntel
CPU family: 6
Model: 158
Model name: Intel(R) Core(TM) i5-9300HF CPU @ 2.40GHz
Stepping: 13
CPU MHz: 1274.759
CPU max MHz: 2400.0000
CPU min MHz: 800.0000
BogoMIPS: 4800.00
Virtualization: VT-x
L1d cache: 128 KiB
L1i cache: 128 KiB
L2 cache: 1 MiB
L3 cache: 8 MiB

OS:
Linux Mint 20

Compiler:
nvcc

Code Editor:
VS Code

Метод решения

Задача решается аналогично предыдущей ЛР. Для записи в файл необходим производный тип данных MPI_Type_vector. Тип создается как набор блоков из элементов исходного типа, при этом между блоками задаются регулярные промежутки. Все вычисление и обмен граничными условиями производятся на GPU.

Описание программы

Хотя мы решаем двухмерную задачу, данные хранятся в одномерном массиве. Для правильной индексации используется макрос:

```
#define _i(i, j) (((j) + 1) * (nx + 2) + (i) + 1)
```

Для индексации по сетке блоков:

```
#define _ib(i, j) ((j) * nbx + (i))
```

Ядро для инициализации начальным значением:

```
__global__ void kernelInit(double* data, int nx, int ny, double u0)
```

Ядро записи в буфер граничных значений слева и справа

```
__global__ void kernelSendLeftRight()
```

Аналогично, сверху и снизу
```
__global__ void kernelSendFrontBack()
```

Ядро для чтения из буфера для левых и правых значений
```
__global__ void kernelReciveLeftRight()
```

Аналогично, сверху снизу
```
__global__ void kernelReciveFrontBack()
```

Шаг итерационного процесса
```
__global__ void kernelStep()
```

Подсчет разницы между новым предыдущим значением
```
__global__ void kernelDiff()
```

Данные считывает нулевой процесс и отправляет всем при помощи функции:
```
MPI_Bcast();
```

Отправка данных между процессами осуществляется при помощи буферизованной функции:
```
MPI_Bsend();
```

Данная функция является неблокирующей
Получение про помощи:
```
MPI_Recv();
```

Максимальная погрешность ищется при помощи редукции
```
MPI_Allreduce(MPI_IN_PLACE, &check, 1, MPI_DOUBLE, MPI_MAX, MPI_COMM_WORLD);
```

Результаты

<<<1,32>>>

Сетка | Блок	MPI + CUDA	CPU
1 1 | 10 10	0.274s	0.30s
2 2 | 50 50	1.503s	3.83s
4 2 | 70 70	20.267s	1m10.212s

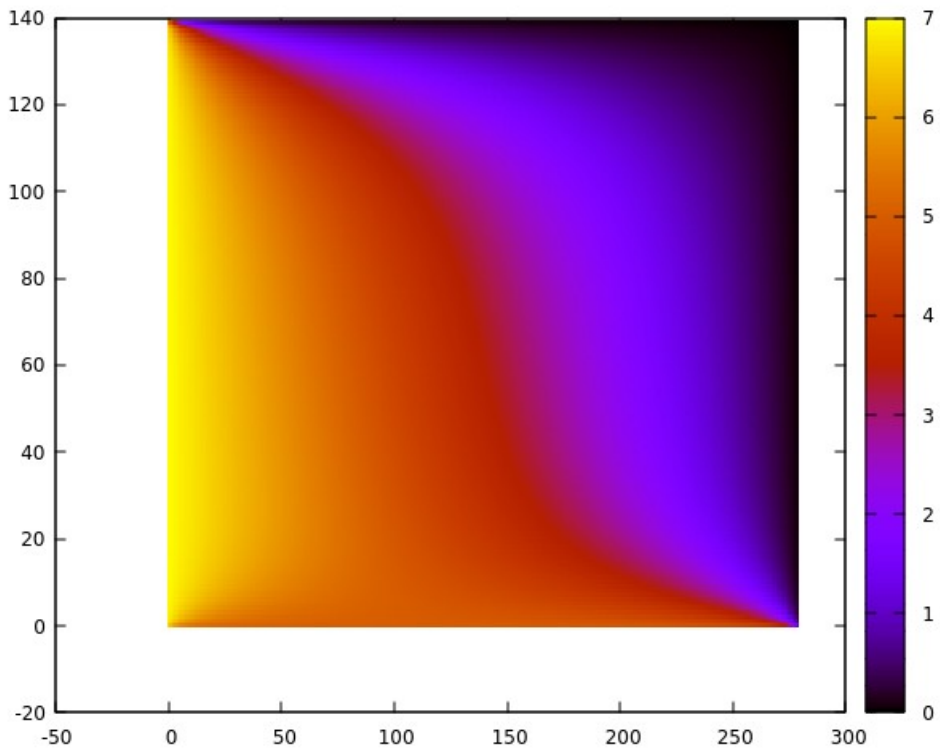
<<<**32,32**>>>

Сетка | Блок	MPI + CUDA	CPU
1 1 | 10 10	1.202s	0.3s
2 2 | 50 50	0.803s	3.83
4 2 | 70 70	4.112s	1m10.212s

<<<**1024,1024**>>>

Сетка | Блок	MPI + CUDA	CPU
1 1 | 10 10	0.400s	0.30s
2 2 | 50 50	0.523s	3.83
4 2 | 70 70	2.512s	1m10.212s

4 2
70 70
mpi.out
1e-10
1.0 2.0
7.0 0.0 5.0 0.0



Выводы

Данная лабораторная работа является доработкой предыдущей. Удалось заметно ускорить код засчет технологии CUDA. Однако, стоит быть аккуратным, т.к. неправильное распараллеливание может только увеличить время работы программы. Также, в рамках работы мною были использованы произвольные типы данных. Запись в файл велась параллельно в каждом процессе.