МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

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

Лабораторная работа №2
по курсу «Программирование графических процессоров»

Обработка изображений на GPU. Фильтры.

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

Москва, 2021

Условие

Кратко описывается задача:

1. Цель работы.

Научиться использовать GPU для обработки изображений. Использование текстурной памяти.

2. Вариант задания.

Медианный фильтр.

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

Пиксели обрабатываются в отдельных потоках. Поскольку поток обрабатывает радиус каждого пикселя, возможен выход за границы. Также очень велико количество обращений к памяти. Исходя из этого мы используем текстурную память.
Медианный фильтр выбирает среднее значение в некотором окне размера (2*r+1)^2, где r — заранее заданный радиус. Проходим этим окном по изображению тем самым усредняем его.

Описание программы

Изображение хранится по указателю data и представляет собой массив из uchar4(структура которая имплементирует представление пикселя в RGB виде). Далее это изображение копируется в глобальную память устройства, которая связана с текстурной ссылкой.

```
int idx = blockDim.x * blockIdx.x + threadIdx.x;
int idy = blockDim.y * blockIdx.y + threadIdx.y;
```

Для каждого пикселя вызывается функция window и ее результат записывается в массив. Т.к. массив одномерный, индекс определяется как произведение текущей строки на ширину изображения плюс индекс текущего столбца.

```
data[y * w + x] = window(x, y, radius);
```

Функция window находит медианное значение для данного радиуса. Для его нахождения используем гистограмму и неполную префиксную сумму по ней.

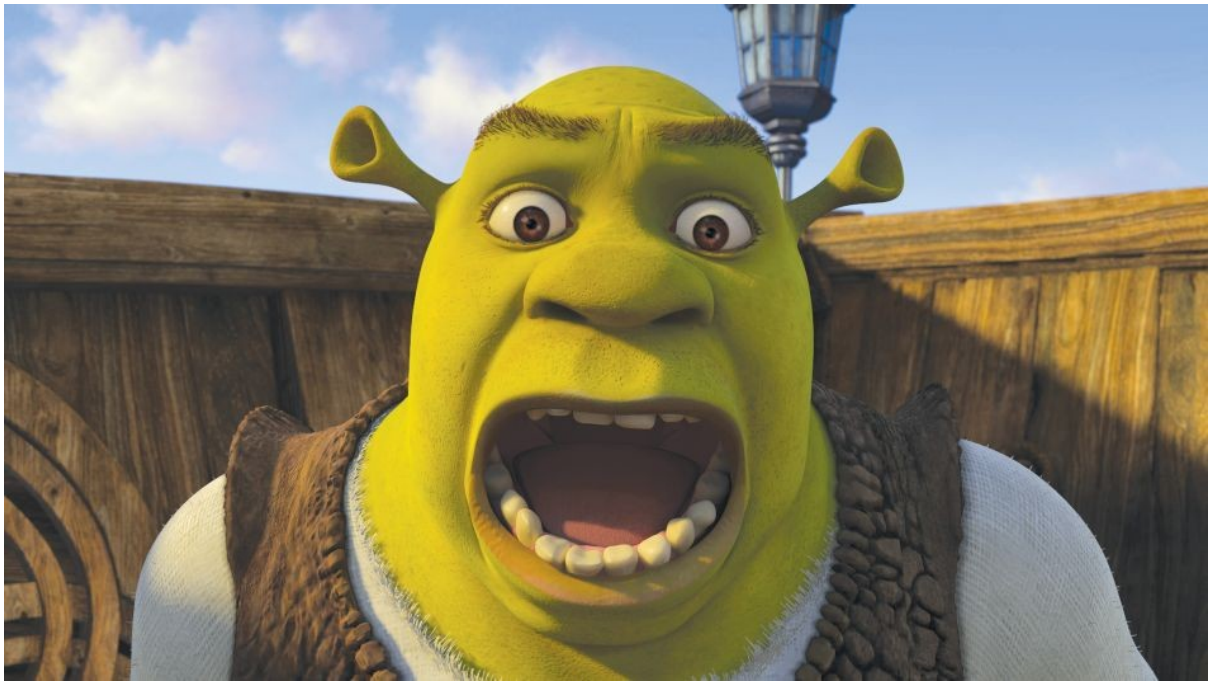
```
unsigned int s = 0;
for (int i = 0; i < 256; i++) {
s += r[i];
if (s >= n / 2 + 1) {
ans.x = i;
break;
}
}
```

И так для каждой компоненты пикселя.

Результаты

1-я фотография, разрешение 950x533.

До обработки:



Медианный фильтр с радиусом 4:

2-я фотография, разрешение 1280x720.

До обработки:

Медианный фильтр с радиусом 4:

Звезды пропали =)

Замеры производительности.
Все время представлено в миллисекундах.

	Шрек 950x533	Флаг 1280x720
<<<(1,1),(1,32)>>>,R=4	1146.18000	2215.31000
<<<(1,1),(1,32)>>>,R=15	3246.09	6194.11
<<<(1,32),(1,32)>>>,R=4	147.51	215.63
<<<(1,32),(1,32)>>>,R=15	332.74	571.17
<<<(32,32),(32,32)>>>,R=4	93.9	130.92
<<<(32,32),(32,32)>>>,R=15	953.38	1238.14
<<<(1,128),(1,128)>>>,R=4	193.87	254.51
<<<(1,128),(1,128)>>>,R=15	715.36	1134.69
<<<(128,128),(8,128)>>>,R=4	73.26	125.94
<<<(128,128),(8,128)>>>,R=15	722.35	1116.79
CPU, R=4	1447.84	2824.5
CPU, R=15	6063.07	11858.5

Выводы

В рамках 2-й лабораторной работы я реализовал медианный фильтр - один из видов цифровых фильтров, широко используемый в цифровой обработке сигналов и изображений для уменьшения уровня шума.
В процессе выполнения столкнулся с одной проблемой: текстурная память обрабатывает выход за границы и возвращает граничное значение, однако в медианном фильтре это не совсем правильно, потому что в подсчете среднего значения будут много раз учитываться граничные пиксели. Для борьбы с этим пришлось явно обрабатывать пороговые условия и «уменьшать» окно в некоторых случаях.
Касательно теста производительности, версия на CPU работает медленнее версии GPU с одним блоком на 32 потока. Версия с 128x128 блоками и 8x128 потоками работает на порядок быстрее версии хоста.