Московский Авиационный Институт

(Национальный Исследовательский Университет)

Институт №8 “Компьютерные науки и прикладная математика”

Кафедра №806 “Вычислительная математика и программирование”

Лабораторная работа №2 по курсу

«Операционные системы»

Группа: М8О-211Б-23

Студент:

Тульчинский Г.С.
Преподаватель: Бахарев В.Д.

Оценка:

_____

Дата: 17.12.24

Москва, 2024

Постановка задачи

Цель работы:

Целью является приобретение практических навыков в:

- **Управление потоками в ОС**
- **Обеспечение синхронизации между потоками**

Задание:

Составить программу на языке Си, обрабатывающую данные в многопоточном режиме. При обработки использовать стандартные средства создания потоков операционной системы (Windows/Unix). Ограничение максимального количества потоков, работающих в один момент времени, должно быть задано ключом запуска вашей программы. Так же необходимо уметь продемонстрировать количество потоков, используемое вашей
программой с помощью стандартных средств операционной системы. В отчете привести исследование зависимости ускорения и эффективности алгоритма от входных данных и количества потоков. Получившиеся результаты необходимо объяснить.

Вариант 13. Наложить K раз фильтр, использующий матрицу свертки, на матрицу, состоящую из вещественных чисел. Размер окна задается пользователем.

Общий метод и алгоритм решения

Использованные системные вызовы:

- int pthread_create(pthread_t *thread, const pthread_attr_t *attr, void*(*start_routine) (void*), void *arg) - создаёт новый поток
- int pthread_join(pthread_t threads, void ** value) - Дожидаетсязавершенияпотока
- int pthread_mutex_init(pthread_mutex_t *mutex) - инициализирует мьютекс
- int pthread_mutex_lock(pthread_mutex_t *mutex) - захватевает мьютекс
- int pthread_mutex_unlock(pthread_mutex_t *mutex) - освобождает мьютекс
- int pthread_mutex_destroy(pthread_mutex_t *mutex) - уничтожает мьютекс

Программа получает на вход 4 аргумента – размер матрицы, размер фильтра, количество итераций и максимальное количество потоков.апкзщпоругшащдмрагшолдмчлясичмявм

filter_iterations отвечает за то сколько раз программа будет фильтровать матрицу.

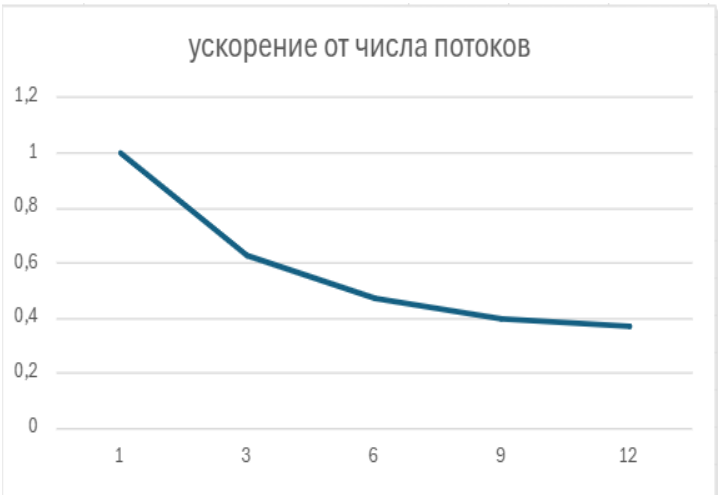
После полученных значений и обработки на то, что они введены корректносоздается нужное количество потоков для обработки каждого фильтра. Изначально созданная матрица копируется в result.

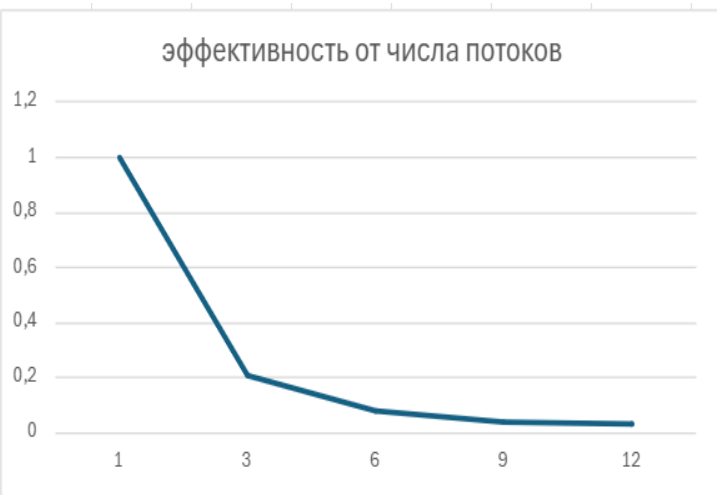
Суть метода свёртки:

1. Формируется окно вокруг нынешнего элемента.
2. Из окна берутся все элементы.
3. Находится сумма чисел окна.
4. Сумма делится на кол-во элементов в этом окне
5. Центральное значение элемента заменяется на найденное значение

Ниже приведены данные, показывающие изменения ускорения и эффективности, с разным количеством потоков, для этой реализации.

Число потоков	Время выполнения	Ускорение	Эффективность
1	120	1,00	1,00
3	190	0,63	0,21
6	256	0,47	0,08
9	295	0,40	0,04
12	325	0,37	0,03





```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <pthread.h>
#include <string.h>
#include <unistd.h>
#include <time.h>

#define MAX_MATRIX_SIZE 1000

int num_threads;
int matrix_size;
int filter_iterations;
double **matrix;
double **result;
int filter_size;

pthread_mutex_t lock; // Мьютекс для синхронизации потоков

void *apply_filter(void *arg) {
    int thread_id = *(int *)arg;
    int chunk_size = matrix_size / num_threads;
    int start = thread_id * chunk_size;
    int end = (thread_id == num_threads - 1) ? matrix_size : start + chunk_size;
    for (int iter = 0; iter < filter_iterations; iter++) {
        for (int i = start; i < end; i++) {
            for (int j = 0; j < matrix_size; j++) {
                double sum = 0.0;
                for (int fi = -filter_size / 2; fi <= filter_size / 2; fi++) {
                    for (int fj = -filter_size / 2; fj <= filter_size / 2; fj++) {
                        int ni = i + fi, nj = j + fj;
                        if (ni >= 0 && ni < matrix_size && nj >= 0 && nj < matrix_size) {
                            sum += matrix[ni][nj];
                        }
                    }
                }
                int size_lenght;
                int size_high;
                if (i < filter_size / 2) {
                    size_lenght = filter_size / 2 + i + 1;
                }
                else if (matrix_size - i - 1 < filter_size / 2) {
                    size_lenght = filter_size / 2 + matrix_size - i;
                }
                else {
                    size_lenght = filter_size;
                }
                if (j < filter_size / 2) {
                    size_high = filter_size / 2 + j + 1;
                }
                else if (matrix_size - j - 1 < filter_size / 2) {
                    size_high = filter_size / 2 + matrix_size - j;
                }
                else {
                    size_high = filter_size;
                }
                result[i][j] = sum / (size_lenght * size_high);
            }
        }
        pthread_mutex_lock(&lock);
        double **temp = matrix;
        matrix = result;
        result = temp;
        pthread_mutex_unlock(&lock);
    }
    return NULL;
}

void initialize_matrix() {
    matrix = malloc(matrix_size * sizeof(double *));
    result = malloc(matrix_size * sizeof(double *));
    for (int i = 0; i < matrix_size; i++) {
        matrix[i] = malloc(matrix_size * sizeof(double));
        result[i] = malloc(matrix_size * sizeof(double));
        for (int j = 0; j < matrix_size; j++) {
            matrix[i][j] = rand() % 100;
            result[i][j] = 0.0;
        }
    }
}

void free_matrix() {
    for (int i = 0; i < matrix_size; i++) {
        free(matrix[i]);
        free(result[i]);
    }
    free(matrix);
    free(result);
}

void print_matrix(double **mat, const char *title) {
    printf("%s:\n", title);
    for (int i = 0; i < matrix_size; i++) {
        for (int j = 0; j < matrix_size; j++) {
            printf("%.2f ", mat[i][j]);
        }
        printf("\n");
    }
    printf("\n");
}

int main(int argc, char *argv[]) {
    if (argc != 5) {
        printf("Использование: %s <размер_матрицы> <размер_фильтра> <итераций_фильтра> <количество_потоков>\n", argv[0]);
        return 1;
    }
    matrix_size = atoi(argv[1]);
```

```c
    filter_size = atoi(argv[2]);
    if (filter_size % 2 == 0) {
        printf("размер фильтра должен быть нечётным");
        return 1;
    }
    filter_iterations = atoi(argv[3]);
    num_threads = atoi(argv[4]);
    if (matrix_size <= 0 || filter_size <= 0 || filter_iterations <= 0 || num_threads <= 0) {
        printf("Все параметры должны быть положительными целыми числами.\n");
        return 1;
    }
    if (matrix_size > MAX_MATRIX_SIZE) {
        printf("Размер матрицы превышает максимально допустимый (%d).\n", MAX_MATRIX_SIZE);
        return 1;
    }
    initialize_matrix();
    print_matrix(matrix, "Начальная матрица");
    pthread_t threads[num_threads];
    int thread_ids[num_threads];
    pthread_mutex_init(&lock, NULL);
    clock_t start_time = clock();
    for (int i = 0; i < num_threads; i++) {
        thread_ids[i] = i;
        if (pthread_create(&threads[i], NULL, apply_filter, &thread_ids[i]) != 0) {
            perror("pthread_create");
            return 1;
        }
    }
    for (int i = 0; i < num_threads; i++) {
        pthread_join(threads[i], NULL);
    }
    clock_t end_time = clock();
    double time_spent = (double)(end_time - start_time) / 1;
    pthread_mutex_destroy(&lock);
    print_matrix(matrix, "Фильтрованная матрица");
    printf("Время, затраченное на фильтрацию: %.6f секунд\n", time_spent);
```

```c
    free_matrix();
    return 0;
}
```

```
Начальная матрица:
83.00 86.00 77.00
15.00 93.00 35.00
86.00 92.00 49.00

Фильтрованная матрица:
69.25 64.83 72.75
75.83 68.44 72.00
71.50 61.67 67.25

Время, затраченное на фильтрацию: 0.000095 секунд
```

```
Начальная матрица:
83.00 86.00 77.00 15.00 93.00
35.00 86.00 92.00 49.00 21.00
62.00 27.00 90.00 59.00 63.00
26.00 40.00 26.00 72.00 36.00
11.00 68.00 67.00 29.00 82.00

Фильтрованная матрица:
66.91 66.25 62.95 58.62 55.46
62.68 62.70 60.90 58.06 55.71
54.46 55.63 56.52 56.24 55.38
47.25 49.34 52.53 54.67 55.24
43.78 46.21 50.39 53.53 54.75

Время, затраченное на фильтрацию: 0.000120 секунд
```

```
tulchinskij@LAPTOP-QIG5MTAH:~$ ./lab 5 5 5 2
Начальная матрица:
83.00 86.00 77.00 15.00 93.00
35.00 86.00 92.00 49.00 21.00
62.00 27.00 90.00 59.00 63.00
26.00 40.00 26.00 72.00 36.00
11.00 68.00 67.00 29.00 82.00

Фильтрованная матрица:
28.65 28.75 29.24 29.51 29.72
21.49 21.56 21.93 22.14 22.29
26.02 26.13 26.49 26.71 26.89
23.30 23.44 23.69 23.92 24.04
18.75 18.80 18.84 18.89 18.93

Время, затраченное на фильтрацию: 0.000149 секунд
```

Протокол работы программы

```
execve("./lab", ["./lab", "output.txt"], 0x7ffe55de4ac8 /* 35 vars */) = 0
brk(NULL)                               = 0x5596438a9000
arch_prctl(0x3001 /* ARCH_??? */, 0x7ffd5f20cb10) = -1 EINVAL (Invalid argument)
mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f1c2370e000
access("/etc/ld.so.preload", R_OK)      = -1 ENOENT (No such file or directory)
openat(AT_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3
newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=16995, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0
mmap(NULL, 16995, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0x7f1c23709000
close(3)                                = 0
openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3
read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0P\237\2\0\0\0\0\0"..., 832) = 832
pread64(3, "\6\0\0\0\4\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0"..., 784, 64) = 784
pread64(3, "\4\0\0\0 \0\0\0\5\0\0\0GNU\0\2\0\0\300\4\0\0\0\3\0\0\0\0\0\0\0"..., 48, 848) = 48
pread64(3, "\4\0\0\0\24\0\0\0\3\0\0\0GNU\0I\17\357\204\3$\f\221\2039x\324\224\323\236S"..., 68,
896) = 68
newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=2220400, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0
pread64(3, "\6\0\0\0\4\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0"..., 784, 64) = 784
mmap(NULL, 2264656, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f1c234e0000
mprotect(0x7f1c23508000, 2023424, PROT_NONE) = 0
mmap(0x7f1c23508000, 1658880, PROT_READ|PROT_EXEC, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|
MAP_DENYWRITE, 3, 0x28000) = 0x7f1c23508000
mmap(0x7f1c2369d000, 360448, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3,
0x1bd000) = 0x7f1c2369d000
mmap(0x7f1c236f6000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|
MAP_DENYWRITE, 3, 0x215000) = 0x7f1c236f6000
mmap(0x7f1c236fc000, 52816, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|
MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f1c236fc000
close(3)                                = 0
mmap(NULL, 12288, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f1c234dd000
arch_prctl(ARCH_SET_FS, 0x7f1c234dd740) = 0
set_tid_address(0x7f1c234dda10)         = 112034
set_robust_list(0x7f1c234dda20, 24)     = 0
rseq(0x7f1c234de0e0, 0x20, 0, 0x53053053) = 0
mprotect(0x7f1c236f6000, 16384, PROT_READ) = 0
mprotect(0x559639509000, 4096, PROT_READ) = 0
mprotect(0x7f1c23748000, 8192, PROT_READ) = 0
prlimit64(0, RLIMIT_STACK, NULL, {rlim_cur=8192*1024, rlim_max=RLIM64_INFINITY}) = 0
munmap(0x7f1c23709000, 16995)           = 0
newfstatat(1, "", {st_mode=S_IFCHR|0620, st_rdev=makedev(0x88, 0x4), ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0
getrandom("\x5e\x15\xcb\xfd\x9d\x7c\xfd\x92", 8, GRND_NONBLOCK) = 8
brk(NULL)                               = 0x5596438a9000
brk(0x5596438ca000)                     = 0x5596438ca000
write(1, "\320\230\321\201\320\277\320\276\320\273\321\214\320\267\320\276\320\262\320\260\320
\275\320\270\320\265: ./la"..., 166Использование: ./lab <размер_матрицы> <размер_фильтра>
<итераций_фильтра> <количество_потоков>
) = 166
exit_group(1)                           = ?
+++ exited with 1 +++
```

Вывод

В ходе написания данной лабораторной работы я научился создавать программы, работающие с несколькими потоками, а также синхронизировать их между собой. В результате тестирования программы, я проанализировал каким образом количество потоков влияет на эффективность и ускорение работы программы. Оказалось, что большое количество потоков даёт хорошее ускорение на больших количествах входных данных, но эффективность использования ресурсов находится на приемлемом уровне только на небольшом количестве потоков, не превышающем количества логических ядер процессора. Лабораторная работа была довольно интересна, так как я впервые работал с многопоточностью и синхронизацией на СИ.