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-213Б-23

Студент: Гуляев А.П.

Преподаватель: Бахарев В.Д.

Оценка: _____

Дата: 5.11.24

Москва, 2024

Постановка задачи

Вариант 2.

Отсортировать массив целых чисел при помощи параллельного алгоритма быстрой сортировки.

Общий метод и алгоритм решения

Использованные системные вызовы:

- pid_t fork(void); – создание дочернего процесса
- pid_t wait(int) - ожидание завершения дочерних процессов
- key_t ftok (const char *, int) – создание ключа System V IPC
- int shmget(key_t, size_t, int) – получение дескриптора (создание) разделяемого сегмента памяти
- void *shmatt(int, const void*, int) – внесение разделяемого сегмента памяти в пространство имен процесса
- int shmdt(const void*) - удаленеи разделяемого сегмента памяти из пространства имен процесса
- int shmctl(int, int, struct shmid_ds *) - удаление разделяемого сегмента памяти

Описание работы программы:

1. **Инициализация и обработка аргументов командной строки**:
   - Программа ожидает один аргумент командной строки — максимальное количество параллельных процессов (потоков).
   - Если аргумент не передан, программа выводит сообщение об ошибке и завершает работу.
2. **Открытие файла и чтение данных**:
   - Открывается файл `test.txt`, из которого считывается количество чисел `n`.
   - Программа выделяет память для массива `array` в общей памяти, используя системные вызовы `ftok`, `shmget` и `shmat`.
   - С помощью `ftok` генерируется уникальный ключ для сегмента общей памяти.
   - Вся память, включая последний элемент массива (для отслеживания числа работающих потоков), выделяется с помощью `shmget`.
3. **Чтение массива**:
   - Считывается массив чисел из файла `test.txt` в общий сегмент памяти, куда привязана переменная `array`.
4. **Инициализация количества потоков**:
   - Устанавливается указатель `running_threads` на последний элемент выделенной общей памяти, чтобы отслеживать число запущенных процессов.

Изначально в `running_threads` устанавливается значение `1`, так как родительский процесс уже запущен.

5. **Рекурсивная сортировка с поддержкой многопроцессности**:
    - Вызов функции `my_qsort` начинает сортировку массива.
    - Внутри функции `my_qsort` для части массива выбирается опорный элемент `seed`.
    - Затем массив разделяется на две части: элементы, меньшие `seed`, и элементы, большие или равные `seed`.
    - Если количество запущенных потоков не превышает максимальное количество потоков и размер подмассива достаточно велик, создается новый процесс с помощью `fork`.
    - Новый процесс рекурсивно сортирует одну часть массива, а родительский процесс — другую.
    - Если лимит потоков достигнут или размер подмассива недостаточно велик, оба подмассива сортируются в рамках текущего процесса.
6. **Ожидание завершения всех потоков**:
    - Родительский процесс ожидает завершения всех дочерних процессов, используя `wait`, пока значение в `running_threads` не уменьшится до `1`.
7. **Запись отсортированных данных в файл**:
    - По завершении сортировки открывается файл `test_out.txt`, и отсортированные данные записываются в него.
8. **Отключение и удаление общей памяти**:
    - Программа отключается от общей памяти с помощью `shmdt`, удаляет сегмент с помощью `shmctl`, а затем завершает работу.

Код программы

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>

#include <sys/shm.h>
#include <sys/ipc.h>
```

```
#include <sys/time.h>
struct timeval tv1,tv2,dtv;
struct timezone tz;
void time_start() { gettimeofday(&tv1, &tz); }
long time_stop()
{ gettimeofday(&tv2, &tz);
  dtv.tv_sec= tv2.tv_sec -tv1.tv_sec;
  dtv.tv_usec=tv2.tv_usec-tv1.tv_usec;
  if(dtv.tv_usec<0) { dtv.tv_sec--; dtv.tv_usec+=1000000; }
  return dtv.tv_sec*1000+dtv.tv_usec/1000;
}



void swap(long long *a, long long *b) {
    long long buff = *a;
    *a = *b;
    *b = buff;
}



void my_qsort(long long *begin, long long *end, int max_threads_count, long long
*running_threads, long long *array_begin) {
    if (end - begin < 2) {
        return;
    }
    long long *seed = end - 1;
    long long *left = begin;
    long long *right = end - 2;

    while (left < right) {
        if ((*left >= *seed) && (*right < *seed)) {
```

```
        swap(left, right);
    }
    while (*left < *seed) {
        ++left;
    }
    while (right >= begin && *right >= *seed) {
        --right;
    }
}

if (*left > *seed) {
    swap(left, seed);
}
seed = left;

while (*left == *seed) {
    ++left;
}
++right;

if ((*running_threads < max_threads_count) && (end - begin > (int)1e6)) {
    (*running_threads)++;
    pid_t child = fork();
    switch (child)
    {
    case -1:
        char msg[] = "fork error\n";
        write(STDERR_FILENO, msg, sizeof(msg));
        (*running_threads)--;
        break;
    case 0:
        my_qsort(left, end, max_threads_count, running_threads, array_begin);
```

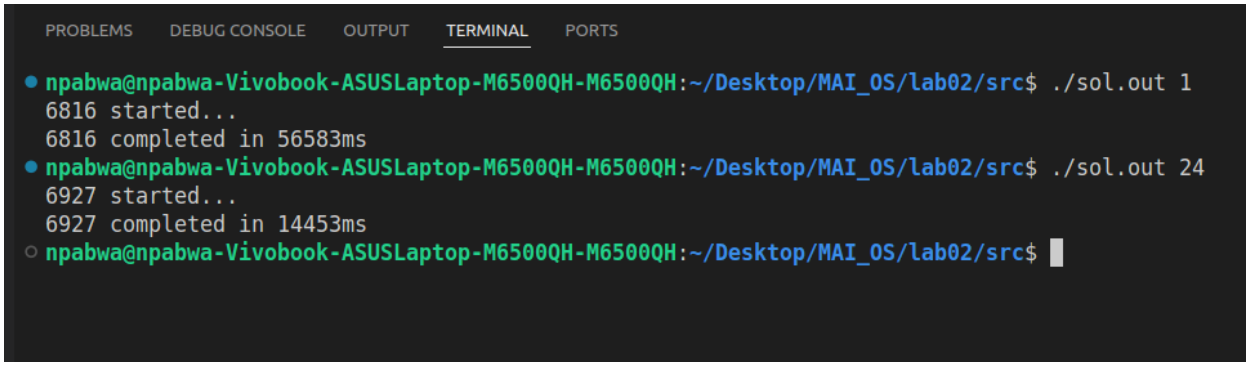
```
            (*running_threads)--;
            if(shmdt(array_begin) < 0) {
                char msg[] = "shmdt error\n";
                write(STDERR_FILENO, msg, sizeof(msg));
            }
            exit(0);
            break;

        default:
            my_qsort(begin, right, max_threads_count, running_threads, array_begin);
            break;
        }
    } else {
        my_qsort(begin, right, max_threads_count, running_threads, array_begin);
        my_qsort(left, end, max_threads_count, running_threads, array_begin);
    }

    return;
}


int main(int argc, char* argv[]) {
    if (argc != 2) {
        char msg[] = "wrong number of args\n";
        write(STDERR_FILENO, msg, sizeof(msg));
        return -1;
    }

    int max_threads_count = atoi(argv[1]);

    FILE* file;
    if ((file = fopen("test.txt", "r")) == NULL) {
```

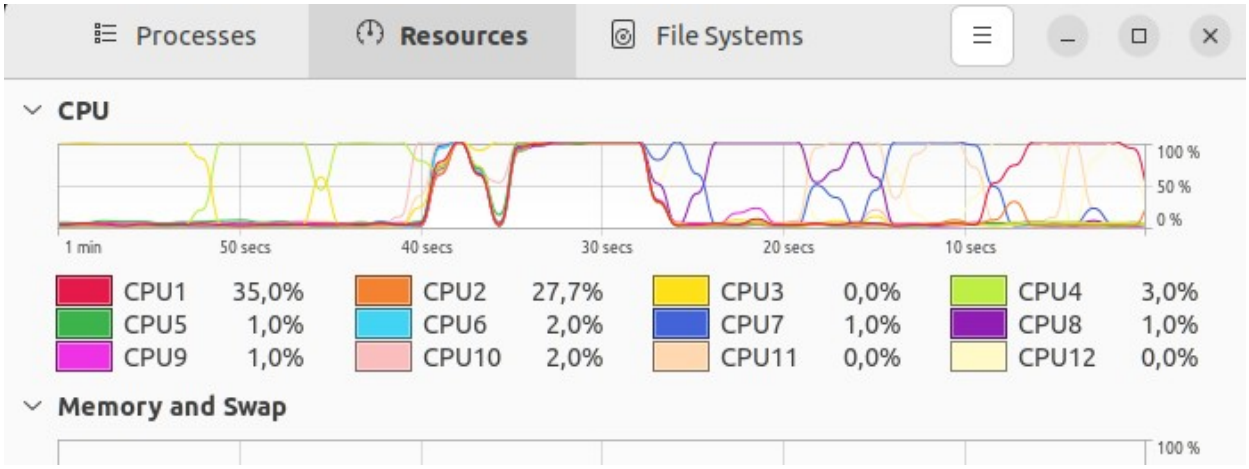
```
    char msg[] = "file error\n";
    write(STDERR_FILENO, msg, sizeof(msg));
    return -1;
}
long long n;
fscanf(file, "%lld", &n);

long long *array;
int shmid;
char pathname[] = "main.c";
key_t key;

if((key = ftok(pathname, 0)) < 0) {
    char msg[] = "ftok error\n";
    write(STDERR_FILENO, msg, sizeof(msg));
    fclose(file);
    return -1;
}

if((shmid = shmget(key, (n + 1) * sizeof(long long), 0666|IPC_CREAT|IPC_EXCL)) < 0) {
    char msg[] = "shmged error\n";
    write(STDERR_FILENO, msg, sizeof(msg));
    fclose(file);
    return -1;
}

if((array = (long long *)shmat(shmid, NULL, 0)) == (long long *)(-1)) {
    char msg[] = "shmat\n";
    write(STDERR_FILENO, msg, sizeof(msg));
    fclose(file);
    return -1;
}
```

```
for (long long i = 0; i < n; ++i) {
    fscanf(file, "%lld", &array[i]);
}
fclose(file);

long long *running_threads = &(array[n]);
(*running_threads) = 1;

time_start();
printf("%d started...\n", getpid());
my_qsort(array, array + n, max_threads_count, running_threads, array);
while (*running_threads > 1) {
    wait(0);
}
printf("%d completed in %ldms\n", getpid(), time_stop());

if ((file = fopen("test_out.txt", "w")) == NULL) {
    char msg[] = "file error\n";
    write(STDERR_FILENO, msg, sizeof(msg));
    return -1;
}

for (long long i = 0; i < n; ++i) {
    fprintf(file, "%lld\n", array[i]);
}
putc('\n', file);
fclose(file);

if(shmdt(array) < 0) {
    char msg[] = "shmdt error\n";
    write(STDERR_FILENO, msg, sizeof(msg));
```

```
        return -1;
    }
    if (shmctl(shmid, 0, NULL) < 0) {
        char msg[] = "shmctl error\n";
        write(STDERR_FILENO, msg, sizeof(msg));
        return -1;
    }
    return 0;
}
```

Протокол работы программы





Тестирование:

Написал 2 python-скрипта, один из которых генерирует набор чисел, а второй проверяет выходной файл на предмет отсортированности. Протестировал поведение программы на различных наборах данных, проверил корректность алгоритма. Скрипты ниже:

generate.py:

```
import random

n = int(5 * 1e8)

a = int(1e7)

with open("/home/npabwa/Desktop/MAI_OS/lab02/src/test.txt", 'w') as file:
    file.write(f"{n}\n")
    for i in range(n):
        file.write(f"{random.randint(-a, a)} ")
    file.write("\n")
```

checker.py

```
with open("/home/npabwa/Desktop/MAI_OS/lab02/src/test_out.txt", 'r') as file:
    prev = int(file.readline().strip(" \n"))
    for i in range(int(5 * 1e8) - 1):
        n = int(file.readline().strip(" \n"))
        if (n < prev):
            print(f"not sorted, line {i}, prev = {prev}, n = {n}")
            break
        prev = n
    else:
        print("sorted")
```

Таблица зависимости времени работы от количества потоков:

(тестировал на случайно сгенерированных данных, 5*1e8, процессор 6 ядер 12 потоков)

Кол-во потоков	1	2	4	8	12
Время исполннения, с	56.7	41.6	22.0	14.0	13.6
Коэффициент производительности	**1.0**	**1.36**	**2.58**	**4.05**	**4.17**

Вывод утилиты starce (без чтения и записи в/из файл(-а)) находится в директории с этим отчётом.

Вывод

Реализовал алгоритм многопоточной быстрой сортировки.

При увеличении количества потоков в 2 раза, время исполнения уменьшается в 1.5 – 2 раза (зависит от входных данных)