Московский Авиационный Институт
(Национальный Исследовательский Университет)

Факультет информационных технологий и прикладной математики
Кафедра вычислительной математики и программирования

Лабораторная работа №3
по курсу «Операционные системы»
III Семестр

Вариант 14

Студент:	Короткевич Л. В.
Группа:	М80-208Б-19
Преподаватель:	Миронов Е.С
Оценка:	
Дата:	

Москва 2020

1. Постановка задачи

Составить программу на языке Си, обрабатывающую данные в многопоточном режиме. При обработки использовать стандартные средства создания потоков операционной системы (Windows/Unix). Ограничение потоков должно быть задано ключом запуска вашей программы.

Привести исследование зависимости ускорения и эффективности алгоритма от входящих данных и количества потоков. Получившиеся результаты объяснить.

Вариант 14:

Есть колода из 52 карт, рассчитать экспериментально (метод Монте-Карло) вероятность того, что сверху лежат две одинаковых карты. Количество раундов подается с ключом.

2. Метод решения

Используемые системные и библиотечные вызовы для выполнения работы:

int pthread_mutex_init(pthread_mutex_t *restrict mutex, const pthread_mutexattr_t *restrict attr);	Функция pthread_mutex_init() инициализирует мьютекс, на который ссылается mutex, с атрибутами, заданными attr. Если значение attr равно NULL, то используются атрибуты мьютекса по умолчанию
int pthread_create(pthread_t *thread, const pthread_attr_t *attr, void *(*start_routine) (void *), void *arg);	Функция pthread_create() запускает новый поток в вызывающем процессе. Новый поток начинает выполнение, вызывая start_routine(); arg передается в качестве единственного аргумента start_routine().
int pthread_join(pthread_t thread, void **retval);	Функция pthread_join() ожидает завершения указанного потока. Если этот поток уже завершен, то функция thread_join() немедленно возвращается.

int pthread_mutex_destroy (pthread_mutex_t *mutex);	Функция pthread_mutex_destroy() уничтожает мьютекс, на который ссылается mutex; мьютекс становится, по сути, неинициализированным.

Краткий алгоритм решения:

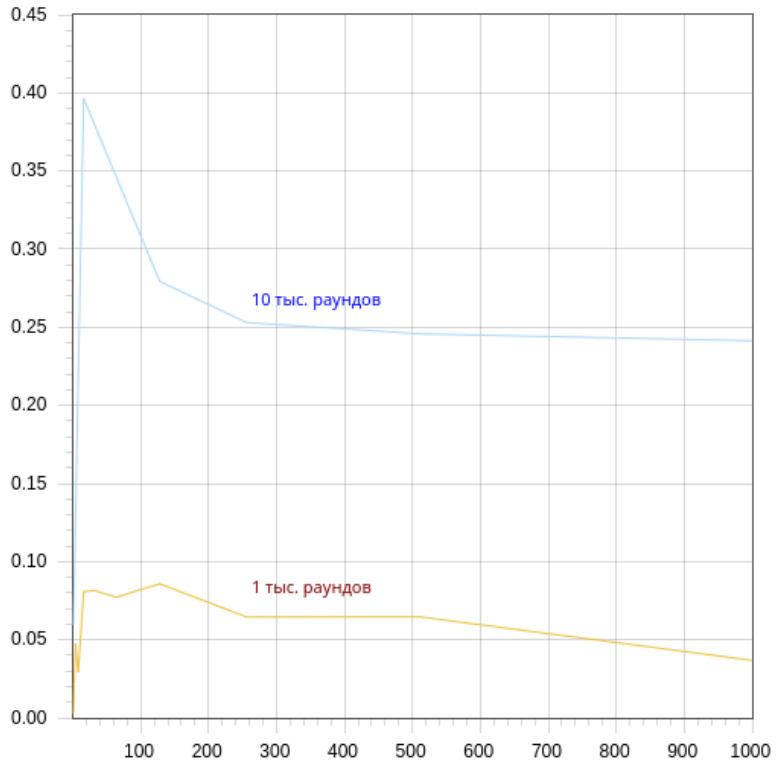
1) Получение числа раундов, кол-ва потоков в кач-ве аргументов при запуске программы.
2) Инициализация мьютекса.
3) Запуск потоков.
    1) Моделирование перемешивания колоды карт.
    2) Получение результата.
4) Завершение потоков.
5) Уничтожение мьютекса.

Несколько подробней об отдельной функции void *thread_func(void *arg): Функция получает на вход единственный аргумент – число раундов. Создается массив целых чисел размера 52. Заполняется числами от 0 до 12 (каждого из числа ровно 4, сколько и мастей в стандартной колоде). Устанавливается в качестве базы для rand() текущее время. После чего нехитрым алгоритмом перемешивается исходный массив. Затем мы сравниваем две крайние карты и, соответственно, увеличиваем в случае положительного рез-тата глобальную переменную count на 1.

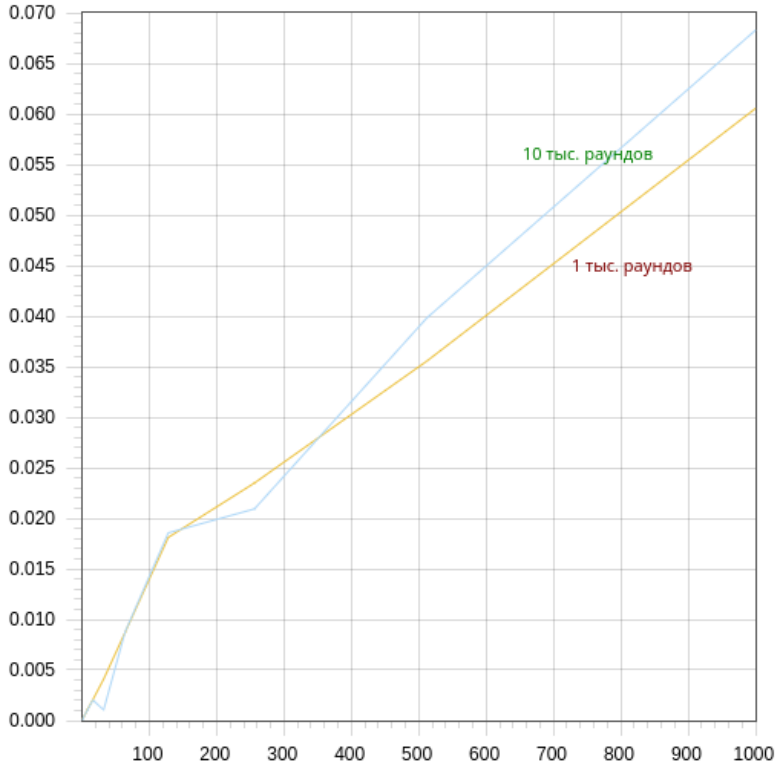
Вычисление теоретической вероятности для последующего сравнения точности полученных результатов при проведении экспериментов:
На первое место ставится одна из 52 карт. Следом за ней - одна из 3 оставшихся с равным первой значением (масти полагаем незначащим параметром). Следом - 50 любых карт в случайном порядке. Итого: 52 * 3 * 50! удовл. вариантов. Всего же – 52!. Вероятность равняется 52 * 3 * 50! / 52! = 3/51 – приблизительно 5.9%.

3. Тестирование

График зависимости времени от числа потоков при фиксированнмом числе раундов:



Также из интереса я написал программу того же содержания, но с использованием fork. Результаты приведены ниже, а код программы разделом ниже.



Как видно из результатов тестирования, многопроцессорная версия проигрывает многопоточной программе. Часто многопроцессорные программы проще проектировать, если введены некоторые ограничения, но они имеют тенденцию быть менее эффективными чем многопоточные системы.
Консоль:

/ using threads */*
[leo@pc final]$ gcc -pthread -o main main.c
[leo@pc final]$ ./main 100 1
Probability equals to 0.050
Time spent: 0.001903 seconds
[leo@pc final]$ ./main 100 10
Probability equals to 0.080
Time spent: 0.008503 seconds
[leo@pc final]$ ./main 100 100
Probability equals to 0.080
Time spent: 0.015445 seconds
[leo@pc final]$ ./main 1000 1
Probability equals to 0.059
Time spent: 0.011920 seconds
[leo@pc final]$ ./main 1000 100
Probability equals to 0.064
Time spent: 0.015275 seconds
[leo@pc final]$ ./main 1000 1000
Probability equals to 0.046
Time spent: 0.095889 seconds

/ using forks */*
[leo@pc using forks]$ ./main 1000 1
59/1000 experiments were successful
Probability equals to 5.90%
Time spent: 0.000147 seconds
[leo@pc using forks]$ ./main 1000 10
46/1000 experiments were successful
Probability equals to 4.60%
Time spent: 0.001292 seconds
[leo@pc using forks]$ ./main 1000 100
39/1000 experiments were successful
Probability equals to 3.90%
Time spent: 0.012084 seconds
[leo@pc using forks]$ ./main 1000 1000
25/1000 experiments were successful
Probability equals to 2.50%
Time spent: 0.068951 seconds

4. Листинг программы

main.c:

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

const int DECK_SIZE = 52;

void swap(int *a, int *b)
```

```
{
    int tmp = *a;
    *a = *b;
    *b = tmp;
}

int count = 0;
pthread_mutex_t mutex;

void *thread_func(void *arg)
{
    int deck[DECK_SIZE];

    for (int k = 0; k < *((int *)arg); ++k)
    {
        for (int i = 0; i < DECK_SIZE; ++i)
        {
            deck[i] = (i + 1) % 13; // значения карт варьируются от 2 до 14 == от 0 до 12
        }

        srand(clock());

        for (int i = DECK_SIZE - 1; i >= 0; --i)
        {
            int j = (int)rand() % (i + 1);
            swap(&deck[i], &deck[j]);
        }

        if (deck[0] == deck[1])
        {
            pthread_mutex_lock(&mutex);
            ++count;
            pthread_mutex_unlock(&mutex);
        }
    }

    pthread_exit(0);
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    if (argc != 3)
    {
        perror("Usage: ./main <number of rounds> <number of threads>\n");
        exit(1);
    }

    clock_t begin = clock();

    pthread_t tid[atoi(argv[2])];

    if (pthread_mutex_init(&mutex, NULL) < 0)
    {
        perror("Mutex init error");
        exit(1);
    }

    int rounds = atoi(argv[1]);
    for (int i = 0; i < atoi(argv[2]); ++i)
    {
        if (pthread_create(&tid[i], NULL, thread_func, &rounds) != 0)
        {
            perror("Can't create thread\n");
            exit(1);
        }
    }
    for (int i = 0; i < atoi(argv[2]); ++i)
    {
        if (pthread_join(tid[i], NULL) != 0)
        {
            perror("Can't join threads");
            exit(1);
        }
    }

    if (pthread_mutex_destroy(&mutex) < 0)
    {
        perror("Mutex destroy error");
        exit(1);
```

```
    }

    clock_t end = clock();
    double time_spent = (double)(end - begin) / CLOCKS_PER_SEC;

    printf("Probability equals to %.3lf\n", (double)count / (atoi(argv[1]) * atoi(argv[2])));
    printf("Time spent: %lf seconds\n", time_spent);

    return 0;
}
```

multifork version:

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <time.h>
#include <errno.h>
#include <fcntl.h>
#include <string.h>

#include <sys/stat.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>

#define DECK_SIZE 52

int random_in_interval(int a, int b)
{
    return a + rand() % (b - a + 1);
}

void swap(int *a, int *b)
{
    int tmp = *a;
    *a = *b;
    *b = tmp;
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    if (argc != 3)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: ./main <number of rounds> <number of threads>\n");
        exit(1);
    }

    int r = atoi(argv[1]) / atoi(argv[2]), n = atoi(argv[2]) + 1;

    int **fd = (int **)malloc(sizeof(int *) * n);
    for (int i = 0; i < n; ++i)
        fd[i] = (int *)malloc(sizeof(int) * 2);
    for (int i = 0; i < n; ++i)
    {
        if (pipe(fd[i]) < 0)
        {
            perror("Pipe error");
            exit(1);
        }
    }

    clock_t begin = clock();
    pid_t *pid = (pid_t *)malloc(sizeof(pid_t) * n);
    for (int i = 1; i < n; ++i)
    {
        pid[i] = fork();
        if (pid[i] < 0)
        {
            perror("Fork error");
            exit(1);
        }

        if (pid[i] == 0)
        {
            for (int j = 0; j < n; ++j)
            {
                if (j != i - 1)
                {
```

```
            close(fd[j][0]);
        }
        if (j != i)
        {
            close(fd[j][1]);
        }
    }

    int x;

    if (read(fd[i - 1][0], &x, sizeof(int)) < 0)
    {
        perror("Reading error");
        exit(1);
    }

    int deck[DECK_SIZE];
    for (int k = 0; k < r; ++k)
    {
        srand(clock());

        for (int m = 0; m < DECK_SIZE; ++m)
        {
            deck[m] = (m + 1) % 13;
        }

        for (int p = DECK_SIZE - 1; p >= 0; --p)
        {
            int s = (int)rand() % (p + 1);
            swap(&deck[s], &deck[p]);
        }

        if (deck[51] == deck[50])
        {
            x++;
        }
    }

    if (write(fd[i][1], &x, sizeof(int)) < 0)
    {
        perror("Writing error");
        exit(1);
    }

    close(fd[i - 1][0]);
    close(fd[i][1]);

    return 0;
  }
}
clock_t end = clock();
double time_spent = (double)(end - begin) / CLOCKS_PER_SEC;

for (int j = 0; j < n; ++j)
{
  if (j != 0)
  {
    close(fd[j][1]);
  }
  if (j != n - 1)
  {
    close(fd[j][0]);
  }
}

int x = 0;

if (write(fd[0][1], &x, sizeof(int)) < 0)
{
  perror("Writing origin x to child1 error");
  exit(1);
}
if (read(fd[n - 1][0], &x, sizeof(int)) < 0)
{
  perror("Reading processed x error");
  exit(1);
}

printf("%d/%d experiments were successful\n", x, r * (n - 1));
```

```
    printf("Probability equals to %.2lf\%\n", 100.0 * x / r / (n - 1));
    printf("Time spent: %lf seconds\n", time_spent);

    close(fd[n - 1][0]);
    close(fd[0][1]);

    for (int i = 1; i < n; ++i)
    {
        waitpid(pid[i], NULL, 0);
    }

    // memory free
    free(pid);
    for (int i = 0; i < n; ++i)
        free(fd[i]);
    free(fd);

    return 0;
}
```

Вывод

По мере выполнения данной лабораторной работы я познал величие и могущество многопоточности; освоил работу с мьютексами, их создание/удаление, использование во избежание некорректностей, нарушения последовательности выполнения задач потоками.

Во время тестирования осознал следующие вещи: несмотря на сильную погрешность в измерении эффективности работы программы из-за тонкостей работы “железа” (оперативная память – полная или пустая, процессор – занят чем-нибудь или нет), наблюдается ярко-выраженный рост скорости при увеличении кол-ва потоков.

Логичным было наблюдать превосходство многопоточности над многопроцессорностью: несколько процессов запускаются с целью повышения отказоустойчивости приложения, а также с целью повышения безопасности, но не эффективности. Многопоточность же - вариант реализации вычислений, при котором для решения некоторой прикладной задачи запускаются и выполняются несколько независимых потоков вычислений, имеющих общую память; причём выполнение происходит одновременно или псевдоодновременно, что дает выигрыш во времени.

Наблюдательно, что для предельно точной оценки вероятности (схожей с теоретической до сотых) достаточно всего одной тысячи раундов. Я был приятно удивлен тому, как просто проверять правдивость тех или иных теоретический утверждений с помощью компьютера. Полагаю, без многопоточности сей процесс занял бы большое время.

Интересно также было реализовывать метод Монте-Карло: полное моделирование ситуации, эксперимента для последующего получения результатов. Хотя в данной ЛР мне кажется избыточным полное моделирование процесса (можно было бы обойтись случайной генерацией двух крайних карт), в других случаях, как, например, вычисление числа «пи» с точностью до n знаков и других вычислительных задачах без этого никуда!