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-211БВ-24

Студент: Рыбин В.В.

Преподаватель: Бахарев В.Д.

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата: 04.10.25

Москва, 2025

**Постановка задачи**

**Вариант 16.**

Задаётся радиус окружности. Необходимо с помощью метода Монте-Карло рассчитать её площадь

**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); – Создает поток с заданными атрибутами, который начинает выполнение функции start\_routine
* int pthread\_join(pthread\_t thread, void \*\*retval); – ожидает завершения указанного потока.
* int pthread\_mutex\_lock(pthread\_mutex\_t \*mutex); – блокирует мьютекс. Предотвращает состояние гонки при одновременном доступе из нескольких потоков
* int pthread\_mutex\_unlock(pthread\_mutex\_t \*mutex); – разблокирует мьютекс.\
* int clock\_gettime(clockid\_t clk\_id, struct timespec \*tp); – получает текущее

монотоное время системы

struct timespec {

time\_t tv\_sec; - секунды

long tv\_nsec; - наносекунды

};

Я реализовал программу, которая использует многопоточность для вычисления площади окружности с использованием метода Монте-Карло. Сначала нужно вписать окружность в квадрат длиной ее радиуса. Далее для этого метода необходимо брать случайные точки и проверять, попали ли они в квадрат или в окружность. Затем площадь окружности вычисляется как (колво точек в окружности/колво точек всего) \* площадь квадрата.

Я зафиксировал количество точек в main.c. Количество потоков подается как ключ к моей программе. Затем я отдаю на каждый поток какое то колво точек, чтобы они посчитали, что куда попало. Я делю это равно, то есть общее колво точек/колво потоков.

Также я использую mutex, чтобы предотвратить гонку.

**Код программы**

**main.c**

#include <stdint.h>

#include <stdbool.h>

#include <stdlib.h>

#include <stdio.h>

#include <string.h>

#include <unistd.h>

#include <pthread.h>

#include <errno.h>

#include <time.h>

typedef struct {

    size\_t number;

    double R;

    int count\_iterations;

    unsigned int seed;

} ThreadArgs;

static volatile int32\_t count\_in\_circle = 0;

static volatile int32\_t count\_total = 0;

static pthread\_mutex\_t mutex = PTHREAD\_MUTEX\_INITIALIZER;

static void \*work(void \**\_args*) {

    ThreadArgs \*args = (ThreadArgs \*)\_args;

    int n = args->count\_iterations;

    double x, y;

    int local\_count\_in\_circle = 0;

    unsigned int seed = args->seed;

    for (size\_t i = 0; i < n; ++i) {

        x = (double)rand\_r(&seed) / RAND\_MAX \* args->R;

        y = (double)rand\_r(&seed) / RAND\_MAX \* args->R;

        if (x \* x + y \* y <= args->R \* args->R) {

            ++local\_count\_in\_circle;

        }

    }

    pthread\_mutex\_lock(&mutex);

    count\_total += n;

    count\_in\_circle += local\_count\_in\_circle;

    pthread\_mutex\_unlock(&mutex);

*// printf("Threads #%ld says count\_in\_circle: %d, count\_total: %d\n", args->number, count\_in\_circle, count\_total);*

    return NULL;

}

void print\_usage(const char\* *program\_name*) {

    printf("usage: %s --threads <number>\n", program\_name);

    printf("       %s -t <number>\n", program\_name);

}

int validate\_flags(size\_t \**n\_threads*, int *argc*, char\* *argv*[]) {

    if (argc != 3) {

        print\_usage(argv[0]);

        return 1;

    }

    if (strcmp(argv[1], "--threads") == 0 || strcmp(argv[1], "-t") == 0) {

        char\* endptr;

        errno = 0;

        \*n\_threads = strtoll(argv[2], &endptr, 10);

        if (errno == ERANGE) {

            printf("Произошло переполнение\n");

            print\_usage(argv[0]);

            return 1;

        }

        else if (endptr == argv[2] || \*endptr != '\0') {

            printf("Введите число\n");

            print\_usage(argv[0]);

            return 1;

        }

    }

    else {

        print\_usage(argv[0]);

        return 1;

    }

}

int main(int *argc*, char\* *argv*[]) {

    int count = 10000000;

    size\_t n\_threads = 0;

    int flag = validate\_flags(&n\_threads, argc, argv);

    if (flag) {

        return 1;

    }

*// --n\_threads; // один поток выполняет main*

    double R;

    printf("Введите радиус окружности: ");

    scanf("%lf", &R);

    pthread\_t \*threads = malloc(n\_threads \* sizeof(pthread\_t));

    ThreadArgs \*thread\_args = malloc(n\_threads \* sizeof(ThreadArgs));

    clock\_t start = clock();

    for (size\_t i = 0; i < n\_threads; ++i) {

        thread\_args[i] = (ThreadArgs) {

            .number = i,

            .R = R,

            .count\_iterations = count / n\_threads,

            .seed = rand(),

        };

        pthread\_create(&threads[i], NULL, work, &thread\_args[i]);

    }

    for (size\_t i = 0; i < n\_threads; ++i) {

        pthread\_join(threads[i], NULL);

    }

    clock\_t end = clock();

    double time = (double)(end - start) / CLOCKS\_PER\_SEC;

    double square = 4 \* (count\_in\_circle/(double)count\_total) \* R \* R;

    printf("\*\*\*\nSquare circle: %lf\n", square);

    printf("Working time: %lfs\n", time);

    printf("Count threads: %ld\n", n\_threads);

    printf("\*\*\*\n");

    free(thread\_args);

    free(threads);

    return 0;

}

**Протокол работы программы**

**❯ ./main.out -t 1**

**Введите радиус окружности: 1**

**\*\*\***

**Square circle: 3.141585**

**Working time: 13.408602s**

**Count threads: 1**

**❯ ./main.out -t 2**

**Введите радиус окружности: 1**

**\*\*\***

**Square circle: 3.141581**

**Working time: 6.739873s**

**Count threads: 2**

**❯ ./main.out -t 8**

**Введите радиус окружности: 1**

**\*\*\***

**Square circle: 3.141580**

**Working time: 1.948613s**

**Count threads: 8**

**❯ ./main.out -t 12**

**Введите радиус окружности: 1**

**\*\*\***

**Square circle: 3.141585**

**Working time: 1.587313s**

**Count threads: 12**

**❯ ./main.out -t 16**

**Введите радиус окружности: 1**

**\*\*\***

**Square circle: 3.141585**

**Working time: 1.495700s**

**Count threads: 16**

**❯ ./main.out -t 1024**

**Введите радиус окружности: 1**

**\*\*\***

**Square circle: 3.141578**

**Working time: 1.612172s**

**Count threads: 1024**

**❯ ./main.out -t 8096**

**Введите радиус окружности: 1**

**\*\*\***

**Square circle: 3.141578**

**Working time: 1.807809s**

**Count threads: 8096**

**❯ ./main.out -t 16192**

**Введите радиус окружности: 1**

**\*\*\***

**Square circle: 3.141559**

**Working time: 2.102531s**

**Count threads: 16192**

**\*\*\***

**Вывод**

**В ходе данной лабораторной работы я научился работать с потоками. Разобрался с различными проблемами и нюансами при работе с ними (гонка). Также получил следующие выводы, которые я изображу в виде таблицы**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Число потоков** | **Время исполнения (мс)** | **Ускорение** | **Эффективность** |
| **1** | **13408.602** | **1.00** | **1.00** |
| **2** | **6739.873** | **1.99** | **0.99** |
| **8** | **1948.613** | **6.88** | **0.86** |
| **12** | **1587.313** | **8.44** | **0.71** |
| **16** | **1495.700** | **8.96** | **0.56** |
| **1024** | **1612.172** | **8.31** | **0.008** |
| **8096** | **1807.809** | **7.42** | **0.0009** |
| **16192** | **2102.531** | **6.38** | **0.0004** |

**Расчеты:**

* **Ускорение: T1/Tn, где T1 – время выполнения с 1 потоком,**

**Tn – время выполнения с n потоками**

* **Эффективность: Ускорение/n**

**Анализ результатов:**

**1. Количество потоков МЕНЬШЕ логических ядер процессора (1-8 потоков)**

* Наблюдается почти линейное масштабирование (1.99× при 2 потоках)
* Эффективность остается высокой (0.86-0.99)
* Накладные расходы минимальны, потоки работают практически без конкуренции
* Мьютекс не является узким местом из-за малой частоты обращений
* Идеальный случай для CPU-bound задач

**Вывод:** В этом диапазоне многопоточность дает максимальную отдачу с минимальными накладными расходами.

**2. Количество потоков РАВНО логическим ядрам процессора (16 потоков)**

* Эффективность резко падает до 0.56
* Начинают проявляться эффекты:
  + Конкуренция за мьютекс становится заметной
  + Накладные расходы на переключение контекста

**Вывод:** Достигается практический предел эффективного использования CPU, дальнейшее увеличение потоков дает ухудшение результатов

**3. Количество потоков БОЛЬШЕ логических ядер процессора (16+ потоков)**

* **Катастрофическое падение эффективности** (0.009 при 1024 потоках)
* **Деградация производительности** при дальнейшем увеличении потоков

Критические проблемы:

* Огромные накладные расходы на создание/уничтожение потоков
* Конкуренция за глобальный мьютекс
* Потоки большую часть времени ожидают, а не вычисляют
* Перегрузка планировщика
  + При 16k потоков планировщик ОС должен постоянно принимать решения о том, какой поток выполнять следующим
  + Время на принятие решений становится сопоставимым с временем выполнения

**Вывод:** Количество потоков, значительно превышающее число логических ядер, приводит к деградации производительности из-за преобладания накладных расходов над полезной работой.