Теория Параллелизма

Отчет

“Уравнение теплопроводности”

Тихонова Виктория Андреевна

Группа 21933

08.03.2023

Цель работы

Реализовать решение уравнение теплопроводности (пятиточечный шаблон) в двумерной
области на равномерных сетках. Научиться пользоваться профилировщиком. Произвести оптимизацию предоставленного кода. Произвести сравнения по времени работы между CPU и GPU.

Используемый компилятор

Для запуска на CPU использовался: gcc -o main task2.c -lm
Для запуска на GPU использовался: pgcc -Minfo=all -fast -acc task.c -o cparracc

Используемый профилировщик

Профилировщик nsys

Замер времени работы

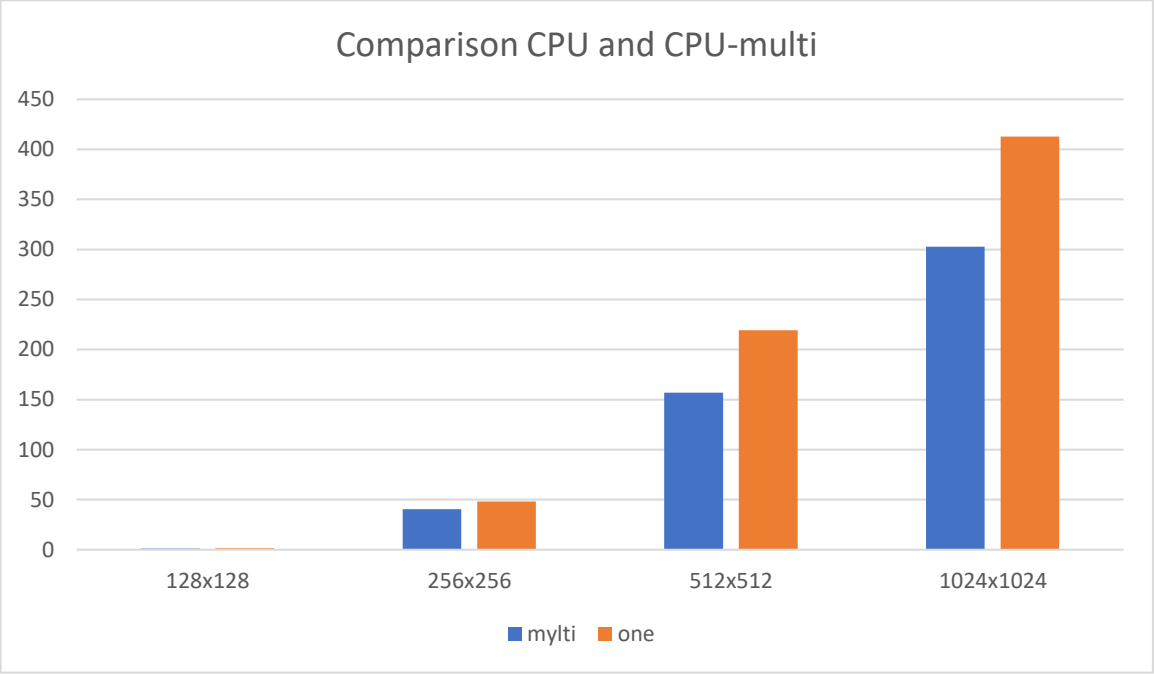
С помощью библиотеки #include <time.h>

(ссылка на гитхаб - https://github.com/ViktoriaTix/TP/blob/master/task2.c)

Таблица результатов выполнения программы

CPU			
Размер сетки	Время выполнения (сек)	Точность	Количество итераций
128x128	≈1.59	0.000001	8556
256x256	≈48.2	0.000001	99620
512x512	≈219.2	0.000001	386189
1024x1024	≈412.625	0.000001	1000000

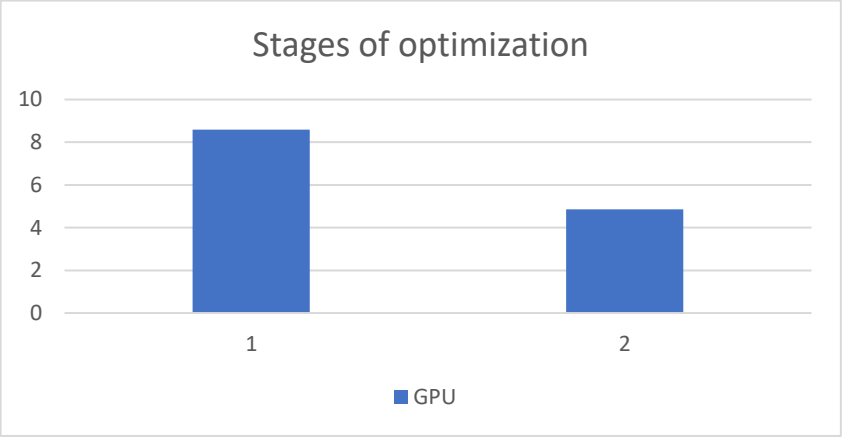
CPU - MULTICORE			
Размер сетки	Время выполнения (сек)	Точность	Количество итераций
128x128	≈1.021	0.000001	20009
256x256	≈40.35	0.000001	96452
512x512	≈156.789	0.000001	283246
1024x1024	≈302.6	0.000001	1000000



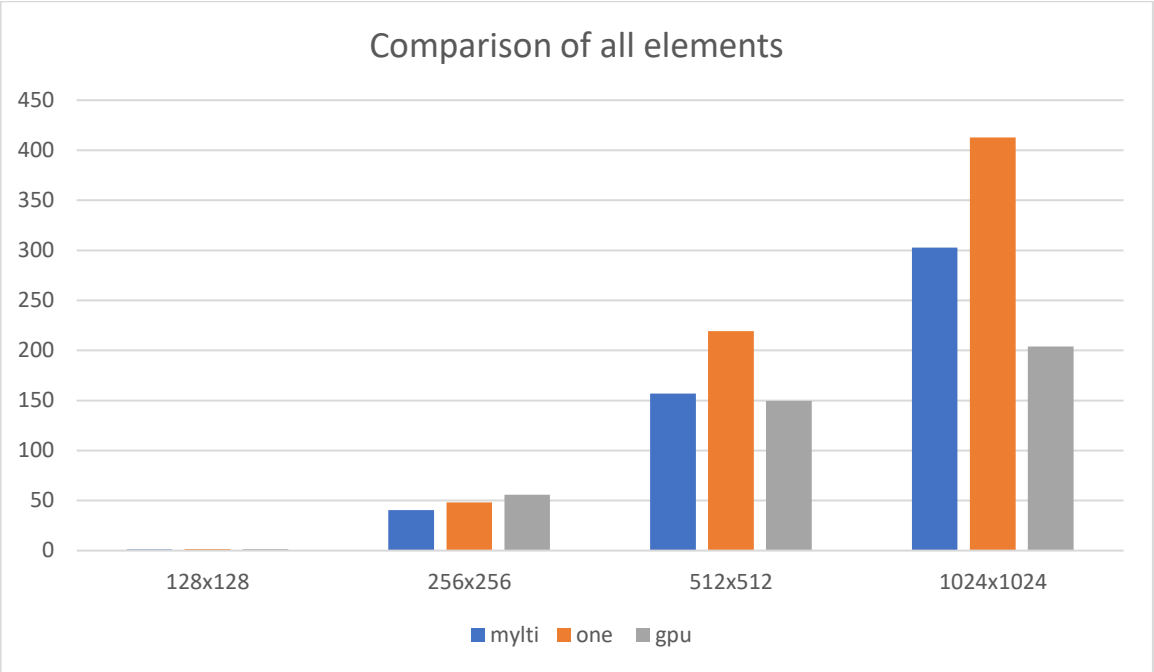
Выполнение на GPU

Этапы оптимизации GPU на сетке 512*512 при профилировании 100

№	Время выполнения (сек)	Точность	Количество итераций	Комментарий
1	8.59	0.00149	100	Без использования #pragma
2	4.85	0.00149	100	С использованием #pragma



GPU – оптимизированный вариант			
Размер ячейки	Время выполнения (сек)	Точность	Количество итераций
128x128	≈1.582	0.000001	25024
256x256	≈55.91	0.000001	96521
512x512	≈149.483	0.000001	335678
1024x1024	≈203.897	0.000001	1000000



Вывод:

Опираясь на диаграммы, сравнивающие время работы программы на разных процессорах, можно сделать вывод, что в большинстве случаев по времени работы выигрывает GPU. Но при этом для сеток небольшой размерности разница не велика, следовательно на таких примерах можно использовать любой процессор.

Код:

106 lines (97 sloc) | 3.2 KB

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <time.h>

#define MIN(a,b) ((a) < (b) ? (a) : (b))

void heat_equation_2d(int n, double k, int max_iters, double tol, int* iters, double* err)
{
    // Allocate memory for the grid with ghost cells
    double** u = (double**)malloc((n + 2) * sizeof(double*));
    for (int i = 0; i < n + 2; i++) {
        u[i] = (double*)malloc((n + 2) * sizeof(double));
    }
    // Initialize the grid with the boundary conditions
    u[0][0] = 10;
    u[0][n + 1] = 20;
    u[n + 1][0] = 30;
    u[n + 1][n + 1] = 20;
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        u[0][i] = 10 + i * (20 - 10) / (double)(n + 1);
        u[n + 1][i] = 20 + i * (30 - 20) / (double)(n + 1);
        u[i][0] = 10 + i * (30 - 10) / (double)(n + 1);
        u[i][n + 1] = 30 + i * (20 - 30) / (double)(n + 1);
    }
    // Calculate the grid spacing
    double h = 1 / (double)(n + 1);
    // Initialize the error and iteration counter
    double err_max = INFINITY;

    *iters = 0;
    // Perform the iterative updates
    while (err_max > tol && *iters < max_iters) {
        double** u_new = (double**)malloc((n + 2) * sizeof(double*));
        for (int i = 0; i < n + 2; i++) {
            u_new[i] = (double*)malloc((n + 2) * sizeof(double));
        }
#pragma acc parallel loop
        for (int i = 1; i <= n; i++) {
#pragma acc loop
            for (int j = 1; j <= n; j++) {
                u_new[i][j] = (1 / 4.0) * (u[i - 1][j] + u[i + 1][j] + u[i][j - 1] + u[i][j + 1]) - (k * h * h / 4.0) * (u[i][j + 1] + u[i][j - 1] + u[i - 1][j] + u[i + 1][j]
            }
        }
        // Calculate the maximum error
        err_max = 0.0;
#pragma acc parallel loop reduction(max:err_max)
        for (int i = 1; i <= n; i++) {
#pragma acc loop reduction(max:err_max)
            for (int j = 1; j <= n; j++) {
                err_max = fmax(err_max, fabs(u_new[i][j] - u[i][j]));
            }
        }
        // Update the grid
#pragma acc parallel loop
        for (int i = 1; i <= n; i++) {
#pragma acc loop
            for (int j = 1; j <= n; j++) {
                u[i][j] = u_new[i][j];
            }
        }
```

```
        // Free memory for the new grid
        for (int i = 0; i < n + 2; i++) {
            free(u_new[i]);
        }
        free(u_new);
        // Increment the iteration counter
        (*iters)++;
        // Set the error
        *err = err_max;
    }
    // Free memory for the grid
    for (int i = 0; i < n + 2; i++) {
        free(u[i]);
    }
    free(u);
}

int main(int argc, char** argv) {

    double time_spent1 = 0.0;

    clock_t begin1 = clock();

    // Parse command line arguments
    if (argc != 4) {
        printf("Usage: %s <accuracy> <grid size> <number of iterations>\n", argv[0]);
        return 1;
    }
    double tol = atof(argv[1]);
    int n = atoi(argv[2]);
    int max_iters = atoi(argv[3]);
    // Perform the heat equation computation
    int iters;
    double err;
    heat_equation_2d(n, 0.1, max_iters, tol, &iters, &err);
    // Print the results

    clock_t end1 = clock();
    time_spent1 += (double)(end1 - begin1) / CLOCKS_PER_SEC;

    printf("Iterations: %d\n", iters);
    printf("Error: %.10f\n", err);
    printf("%f\n", time_spent1);

    return 0;
}
```