Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет вычислительной математики и кибернетики

Кафедра автоматизации систем вычислительных комплексов

Практикум по курсу

«Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных»

Отчет по заданию №2

Разработка параллельной версии программы для вычисления определенного интеграла методом Симпсона с использованием технологии MPI

Коваленко Анастасия Павловна, 321 группа

Москва, 2020

Оглавление

Постановка задачи

Требуется разработать параллельную версию программы, которая вычисляет определенный интеграл методом Симпсона с использованием технологии MPI, и исследовать масштабируемость полученной параллельной программы, построив график зависимости времени выполнения от числа процессов для различного объема входных данных.

Текст программы

```
#include <iostream>
#include <sys/time.h>
#include <sstream>
#include <mpi.h>

double fun(double x)
{
    return x / (x * x * x + x * x + 5 * x + 1);
}

double integral(double a, double b, int n, int myrank, int num_procs)
{
    double res = 0;
    double h = (b - a) / (2 * n);
    double x1, x2;
    for (int i = myrank; i <= n; i += num_procs) {
        x1 = a + (2 * i - 1) * h;
        x2 = a + 2 * h * i;
        res += 4 * fun(x1);
        res += 2 * fun(x2);
    }
    res += fun(b - h);
    res += fun(a) + fun(b);
    res *= (h / 3);
    return res;
}
```

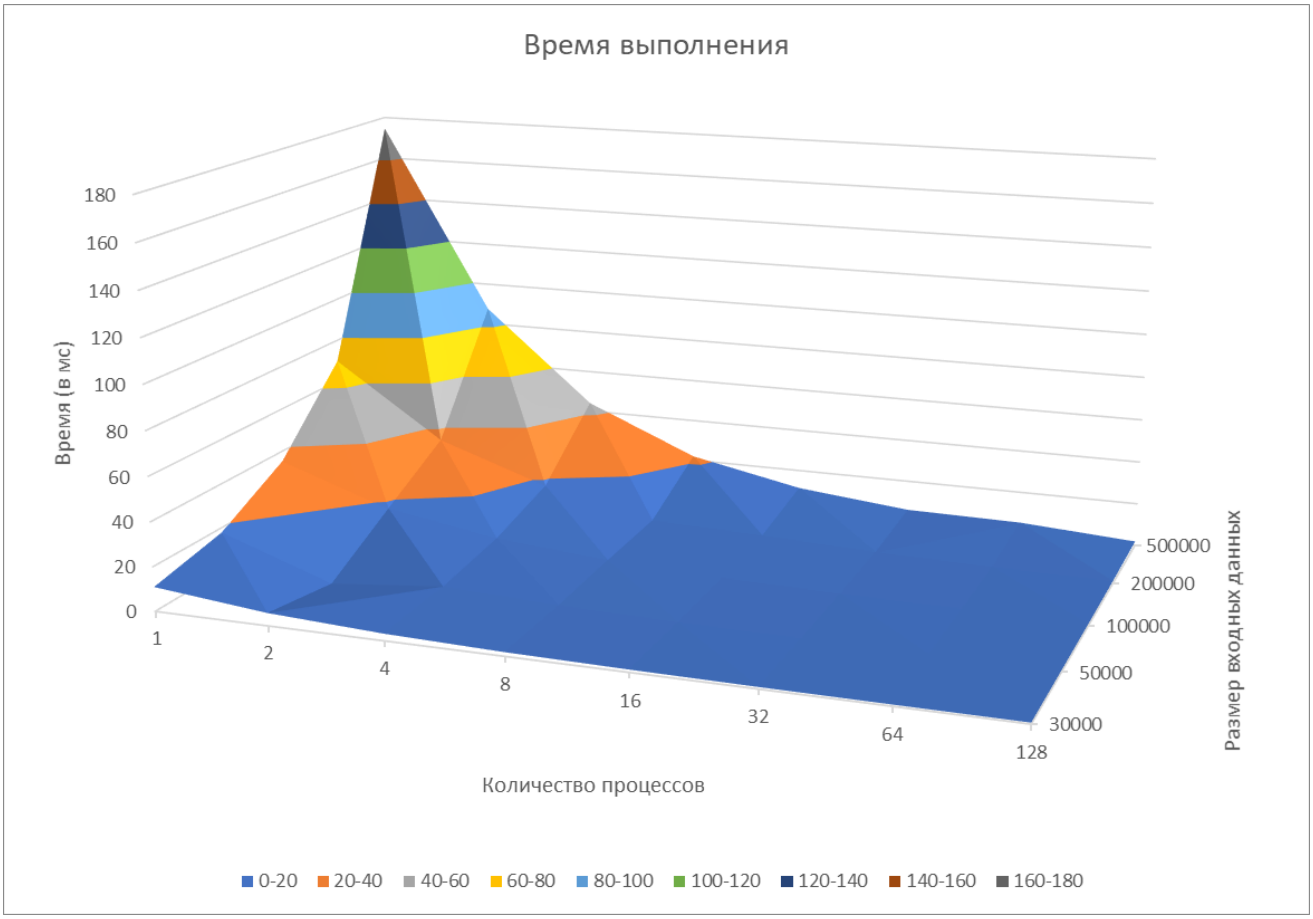
```
int main(int argc, char **argv)
{
    int n, num_procs, rank, flag;
    double a = 0, b = 200;
    double result;
    std::stringstream s;
    s << argv[1];
    s >> n;
    MPI_Init(&argc, &argv);
    MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD, &num_procs);
    MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD, &rank);
    double start, finish;
    if (rank == 0) {
        start = MPI_Wtime();
    }
    MPI_Bcast(&n, 1, MPI_INT, 0, MPI_COMM_WORLD);
    double cur_sum = integral(a, b, n, rank, num_procs);
    MPI_Reduce(&cur_sum, &result, 1, MPI_DOUBLE, MPI_SUM, 0,
MPI_COMM_WORLD);
    if (rank == 0) {
        std::cout << "Result is " << result << std::endl;
        finish = MPI_Wtime();
        std::cout << "Time passed: " << finish - start << std::endl;
    }
    MPI_Finalize();
    return 0;
}
```

Результаты измерений времени выполнения

Ниже приведены результаты измерений времени выполнения полученной программы. Для каждых входных данных программа была запущена несколько раз, в таблице содержатся усредненные результаты без учета случайных выбросов. Время выполнения приведено в формате «секунды.миллисекунды.микросекунды». Зеленым цветом в таблице выделены ячейки, в которых содержится минимальное время выполнения для каждого набора входных данных.

Объем входных данных / Количество процессов	30000	50000	100000	200000	500000
1	0.010.927	0.017.812	0.035.283	0.069.783	0.174.567
2	0.005.670	0.009.151	0.017.855	0.035.285	0.087.499
4	0.003.079	0.004.818	0.009.195	0.017.872	0.044.021
8	0.001.762	0.002.636	0.004.790	0.006.339	0.021.940
16	0.001.143	0.001.564	0.002.661	0.004.777	0.011.248
32	0.000.805	0.001.036	0.001.543	0.002.641	0.005.865
64	0.000.654	0.000.752	0.001.036	0.001.584	0.005.221
128	0.000.559	0.000.619	0.000.755	0.001.072	0.001.808

График зависимости времени исполнения программы от числа процессов и разных входных данных



Выводы

Распараллеливание программы с помощью MPI дало ускорение в десятки раз (примерно 20 раз на небольших входных данных и почти 97 раз на больших объемах данных).

Из полученных результатов можно сделать вывод, что время выполнения программы линейно зависит от числа процессов: чем больше процессов, тем быстрее она выполняется.

Теперь сравним результаты распараллеливания с помощью MPI с результатами использования OpenMP.

Приведена таблица результатов использования OpenMP:

Объем входных данных / Количество нитей	30000	50000	100000	200000	500000
1	0.1.54	0.1.711	0.3.374	0.6.621	0.16.419
2	0.0.607	0.0.887	0.1.710	0.3.619	0.8.289
4	0.0.352	0.0.510	0.0.923	0.1.747	0.4.210
8	0.0.289	0.0.374	0.0.652	0.1.013	0.2.263
16	0.0.408	0.0.464	0.0.628	0.0.854	0.1.904
32	0.0.666	0.0.711	0.0.809	0.1.048	0.1.605
64	0.2.102	0.2.083	0.2.193	0.2.141	0.3.235
128	0.4.179	0.4.311	0.3.774	0.4.039	0.4.671

Найдем разность значений таблиц (из результатов для MPI вычитаются результаты для OpenMP, время приведено в мс):

Объем входных данных / Количество нитей/процессов	30000	50000	100000	200000	500000
1	9,873	16,101	31,909	63,162	158,148
2	5,063	8,264	16,145	31,666	79,21
4	2,727	4,308	8,272	16,125	39,811
8	1,473	2,262	4,138	5,326	19,677
16	0,735	1,1	2,033	3,923	9,344
32	0,139	0,325	0,734	1,593	4,26
64	-1,448	-1,331	-1,157	-0,557	1,986
128	-3,62	-3,692	-3,019	-2,967	-2,863

Получается, что при большом количестве процессов MPI эффективнее, чем OpenMP, на данных среднего размера и при среднем количестве процессов MPI сравнимо по скорости с OpenMP. Однако для большинства входных данных OpenMP работает быстрее. Скорее

всего такая разница в скорости связана с большими накладными расходами на межпроцессное взаимодействие MPI, и использование общей памяти в OpenMP оказывается эффективнее. Для большей эффективности можно использовать комбинацию MPI и OpenMP. В целом параллелизм существенно ускоряет выполнение программы и может быть весьма полезен для решения различных задач.