Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
Wydział Informatyki i Telekomunikacji

Zrównanie algorytmu znajdowania największego elementu ze zbioru liczb

14 stycznia 2022

Tomasz Grzesik, Piotr Ksel

1 Wprowadzenie

Celem projektu jest przedstawienie różnic w czasie weryfikacji, która liczba w zbiorze jest największa. Zostanie omówiony model z wymianą komunikatów oraz model wirtualnej pamięci wspólnej pamięci wspólnej. Na końcu zaimplementowany został model hybrydowy.

1.1 Treść zadania

Znajdowanie k-tego największego elementu ze zbioru liczb.

1.2 Dane wejściowe

Każde z wersji algorytmu posiada dane wejściowe, które są losowane generatorem liczb pseudolosowych. Poniżej funkcja odpowiedzialna za generowanie liczb.

```
for (int i(0); i < silk; i++)
    nums.push_back(rand() % 10000);
```

2 Wersja w MPI

Model z wymianą komunikatów (Message Passing Interface) charakteryzuje się podziałem problemu na podproblemy, które są opracowywane przez odrębne procesy. Podproblemami są podzbiory wejściowego zbioru danych. Zbiór wejściowy został podzielony na niezależne fragmenty, dla których niezależne się oblicza k-tą największą wartość. W procesie zerowym zostały wygenerowane dane wejściowe i zapisane do tablicy. W modelu z wymianą komunikatów dane wymieniane pomiędzy procesami przesyłane są za pomocą komunikatów. Implementacja programu w MPI wykorzystuje przesyłanie komunikatów typu jeden

do jeden. Dzięki zastosowaniu MPISend() oraz MPIRecv() referencja do wejściowego zbioru danych oraz wartości k były przesyłane pomiędzy procesami dzięki temu można było wyznaczyć k-tą największą wartość.

```
MPI_Init(&argc, &argv);
MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD, &my_rank);
MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD, &size);
MPI_Request reql;
MPI_Status status;
int* tabAll = new int{ size };
if (my_rank == 0) {
    startParallel = MPI_Wtime();
    for (d = 0; d < size; d++) {
        if (d != my_rank) {
            int a = 4;
            MPI_Send(&a, 1, MPI_INT, d, 13, MPI_COMM_WORLD);
        }
    }
}
else if (my_rank != 0) {
    int b;
    MPI_Recv(&b, 1, MPI_INT, 0, 13, MPI_COMM_WORLD, &status);
}
reszta = MAX % size;
if (reszta == 0) wartosc = MAX / size;
else {
    if (my_rank == 0) wartosc = MAX;
    else wartosc = 0;
    if (my_rank == 0) {
        cout << "Nie można podzielić tablicy na %d " << size << "równych części!";
        cout << "K-ta wartość zostanie wyliczona przez 1 proces.";
    }
}
y = wartosc * my_rank;
z = wartosc * my_rank + wartosc;
```

3 Wersja w OpenMP

Model pamięci wspólnej algorytmu do wyznaczenia k-tej największej wartości w standardzie OpenMP (Open Multi-Processing). Standard ten wykorzystuje pracę na wielu wątkach oraz pamięć współdzieloną. Kod algorytmu został napisany w języku C++. Implementacja algorytmu odróżnia się od MPI brakiem przesyłania komunikatów, ponieważ wykorzystana została pamięć wspólna. Kod jest tożsamy z wersją sekwencyjną, jednakże pętla algorytmu została zrównoleglona. Kod zrównoleglenia algorytmu przedstawia rysunek poniżej.

```
    vector<int> nums;
    int k = 3;
    int th = 10;
    omp_set_num_threads(th);
    int n = 50000;
    int i;
    for (int i = 0; i < n; i++)
        nums.push_back(rand() % 100000);
    double startParallel = 0.0, stopParallel = 0.0;
    startParallel = omp_get_wtime();
#pragma omp parallel for num_threads(th)
    for (int i = 0; i < th; i++)
        KthLargest2(nums, k);
    stopParallel = omp_get_wtime();
    cout << "Array: ";
    cout << k << " Largest:" << KthLargest2(nums, k) << endl;
    double Diff = stopParallel - startParallel;
    cout << "Execution time: " << Diff;
```

4 Wersja hybrydowa

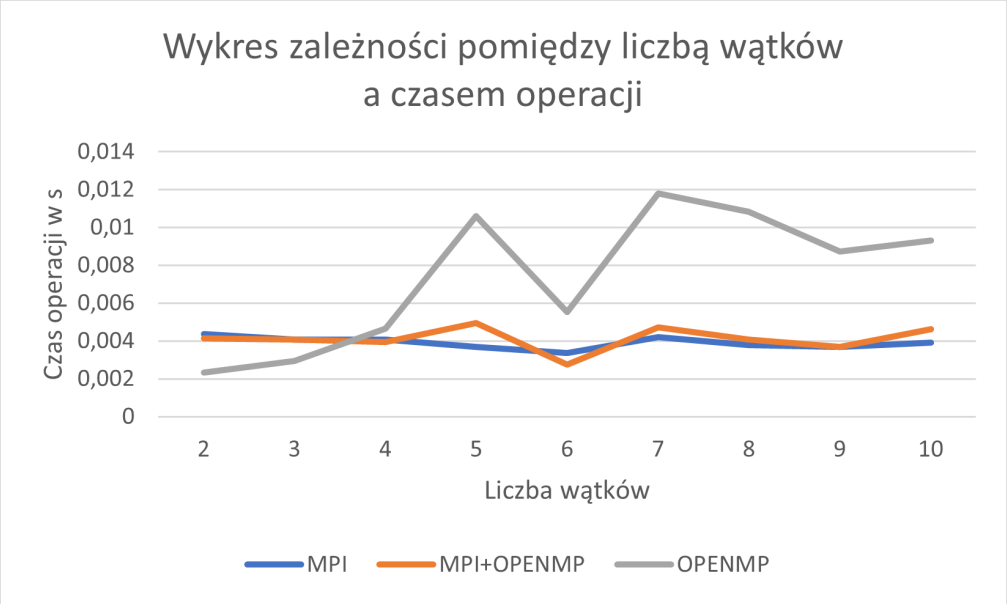
Implementacja hybrydowa łączy oba modele programowania równoległego: model z wymianą komunikatów i model pamięci wspólnej. Kod charakteryzuje się dwoma pozmiomami zrównoleglenia. Kod programu początkowo rozdziela zadania na poszczególne procesy za pomocą funkcji MPI, natomiast w obrębie sprawdzenia warunku uruchamiane są dyrektywy OpenMP.

```
    if (my_rank == 0) {
        startParallel = MPI_Wtime();
        for (d = 0; d < size; d++) {
            if (d != my_rank) {
                int a = 4;
                MPI_Send(&a, 1, MPI_INT, d, 13, MPI_COMM_WORLD);
            }
        }
    }
    else if (my_rank != 0) {
        int b;
        MPI_Recv(&b, 1, MPI_INT, 0, 13, MPI_COMM_WORLD, &status);
    }
    reszta = MAX % size;
    if (reszta == 0) wartosc = MAX / size;
    else {
        if (my_rank == 0) wartosc = MAX;
        else wartosc = 0;
        if (my_rank == 0) {
            cout << "Nie można podzielić tablicy na %d " << size << "równych części!";
            cout << "K-ta wartość zostanie wyliczona przez 1 proces.";
        }
    }
    y = wartosc * my_rank;
    z = wartosc * my_rank + wartosc;
    for (i = y; i < z; i++) {
        tab[i] = i + 1;
    }
#pragma omp parallel for num_threads(size)
    for (int i = y; i < z; i++)
        nums.push_back(rand() % 100000);
```

5 Czasy operacji

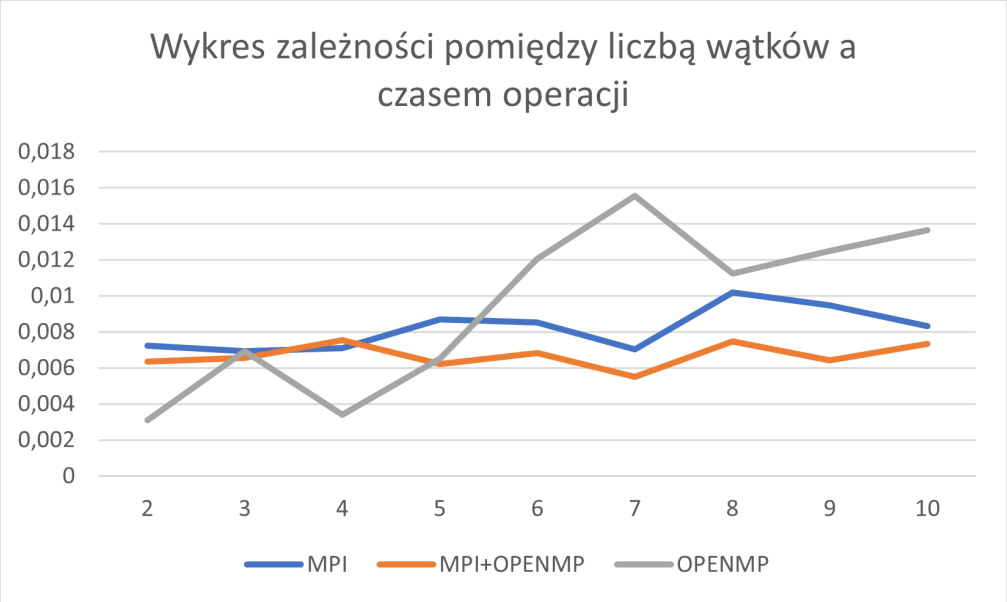
Czasy wykonania operacji zostały sprawdzone dla 5 tysiący elementów w tablicy, 10 tysięcy, 20 tysięcy oraz 5 tysięcy elementów tablicy.

5.1 N=5000



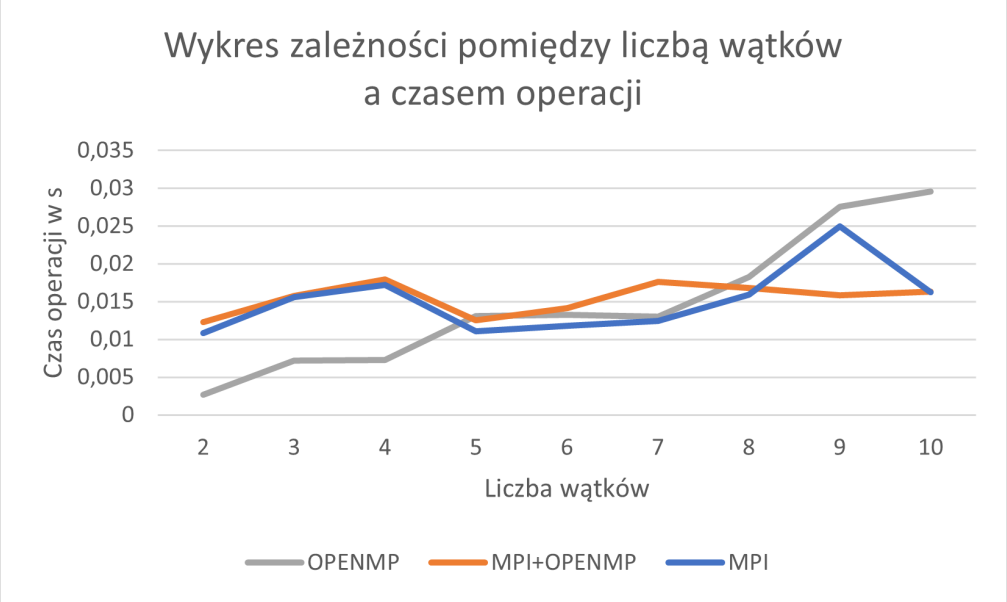
Dla 5 tysiący elementów w tablicy optymalne są algorytm MPI oraz MPI+OPENMP. Analizując sprawności algorytmów najwyższą wartość osiągnął model OPENMP dla 7 wątków.

5.2 N=10000



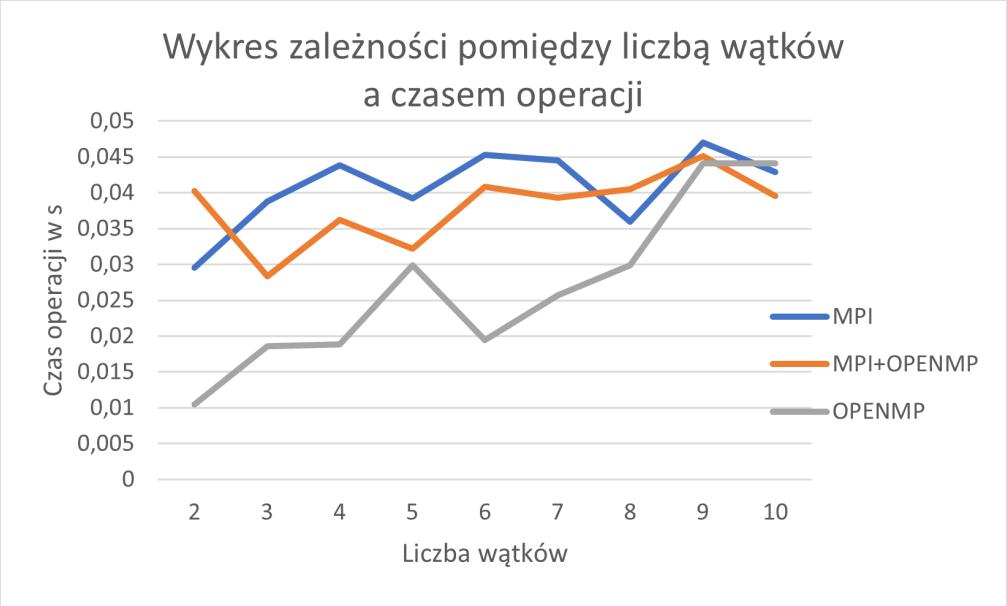
Dla 10 tysiący elementów w tablicy optymalny jest algorytm MPI+OPENMP. Analizując sprawności algorytmów najwyższą wartość osiągnął model OPENMP dla 7 wątków.

5.3 N=20000



Przy 20 tysiącach elementów w tablicy jest trudność w rozpoznaniu optymalnego modelu programowania równloległego. Analizując sprawności algorytmów najwyższą wartość osiągnął model OPENMP dla 10 wątków.

5.4 N=50000



Przy 50 tysiący elementów w tablicy optymalny jest algorytm OPENMP. Analizując sprawności algorytmów najwyższą wartość osiągnął model MPI dla 9 wątków.

6 Podsumowanie

Dla testowanych wartości N trudno było zidentyfikować najszybszy algorytm. Jednak należy wiedzieć iż najniższy czas wykonania algorytmu nie wiąże się z najwyższą sprawnością modelu.