1. Інакше, якщо rank = P / 2 – 1:
   1. ввести С, Z, MO та MK;
   2. передати C, Z, MO та MK в Т(P / 2 - 2);
   3. передати C, Z, MO та MK в Т(P / 2 - 1);
   4. прийняти B та MR від Т(P / 2 - 2);
2. Інакше, якщо rank = P – 1:
   1. прийняти C, Z, MO та MK від Т(P / 2 - 1);
   2. передати C, Z, MO та MK в Т(P - 2);
   3. прийняти B та MR від Т(P - 2);
3. Інакше:
   1. прийняти B та MR від Т(rank - 1);
   2. передати B та MR в Т(rank + 1);
   3. прийняти C, Z, MO та MK від Т(rank + 1);
   4. прийняти C, Z, MO та MK від Т(rank - 1);
4. Рахувати: ai = max(ZH);
5. Рахувати: a = max(а, ai);
6. Рахувати: si = BH \* CH;
7. Рахувати: s = s + si;
8. Рахувати: MAH = s \* MOH + a \* MR \* MKH ;
9. Якщо rank = P / 2:
   1. прийняти MAH з Т(1);
   2. прийняти MAH з Т(P / 2 + 1);
   3. вивести МА;
10. Інакше, якщо rank = P – 1 або rank = P / 2 – 1:
    1. передати MAH ­до P – 2 або P/2 – 2 відповідно;
11. Інакше, якщо rank > P / 2 і rank < P – 1:
    1. прийняти MAH;
    2. передати MAH ­;
12. Інакше, якщо rank > 0 і rank < P / 2 - 1:
    1. прийняти MAH;
    2. передати MAH ­;
13. Інакше, якщо rank = 0:
    1. прийняти MAH від T(1);
    2. передати MAH ­до Т(P / 2);

**3.3. Розробка схеми взаємодії процесів**

Схема взаємодії процесів наведена в додатку Б.

**3.4. Розробка програми ПРГ2**

ПЗ для ПКС з локальною пам’яттю реалізоване на мові програмування С++ з використанням бібліотеки паралельного програмування MPI. Основний модуль містить точку входу в програму main та реалізує алгоритм процесів, описаній в розділі 3.2. Для передачі і приймання використовувались функції MPI\_Send, MPI\_Recv, MPI\_Allreduce.

Лістинг програми наведено в додатку Є.

**3.5. Тестування програми ПРГ2**

Для тестування використовувалась паралельна обчислювальна система з наступним апаратним забезпеченням:

- процесор: Intel(R) Core(TM) i5-3337U CPU @ 1.80GHz

- оперативна пам'ять: 6 Гб DDR3;

В якості програмного забезпечення використовувались:

- операційна система: Windows 10;

- компілятор: Visual Studio 2015 + MS-MPI v8, 32-бітна версія.

Таблиця 3.1. Час виконання програми з спільною пам’яттю

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| N | T1 | T2 | T3 | T4 |
| 1000 | 10865 | 6599 | 5055 | 4536 |
| 1500 | 50969 | 30936 | 24797 | 20835 |
| 2000 | 146134 | 85526 | 72237 | 61673 |

Підрахунок коефіцієнту прискорення (КП) виконується за формулою

КП = Т1 / ТР

Таблиця 3.2. Значення КП для програми з спільною пам’яттю

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| N | Р | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1000 | 1 | 1,646462 | 2,149357 | 2,395282 |
| 1500 | 1 | 1,647563 | 2,05545 | 2,446316 |
| 2000 | 1 | 1,70865 | 2,02298 | 2,369497 |

Підрахунок коефіцієнту ефективності (КЕ) відбувається за формулою

КЕ = КП / Р

Таблиця 3.3. Значення КЕ для програми з спільною пам’яттю

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| N | Р | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1000 | 1 | 0,823231 | 0,716452 | 0,598821 |
| 1500 | 1 | 0,823781 | 0,68515 | 0,611579 |
| 2000 | 1 | 0,854325 | 0,674327 | 0,592374 |

Рисунок 3.1. Графік залежності КП від кількості процесорів при N = 1000

Рисунок 3.2. Графік залежності КП від кількості процесорів при N = 1500

Рисунок 3.3. Графік залежності КП від кількості процесорів при N = 2000

Рисунок 3.4. Графік залежності КЕ від кількості процесорів при N = 1000

Рисунок 3.5. Графік залежності КЕ від кількості процесорів при N = 1500

Рисунок 3.6. Графік залежності КЕ від кількості процесорів при N = 2000

**3.6. Висновки до розділу 3**

- В даному розділі було розроблено програму для паралельної комп’ютерної системи з локальною пам’яттю на мові С++ з використанням бібліотеки паралельного програмування MPI.

- використання програми ПРГ2 та багатоядерної системи забезпечує скорочення затраченого часу на обчислення математичної задачі. Коефіцієнт прискорення приймає значення від 1,64 до 2,44.

- Мінімальне значення коефіцієнта прискорення 1,64 при P = 2 та N = 1000.

- Максимальне значення коефіцієнта прискорення 2,44 при P = 4 та N = 1500.

- Значення коефіцієнта ефективності змінюється від 59,2% до 85,4%.

- Найефективніше програма ПРГ2 працює при P = 2, при цьому коефіцієнт ефективності близький до 85%.