Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Факультет вычислительной математики и кибернетики
Кафедра суперкомпьютеров и квантовой информатики

Отчёт по заданию 2:

Разработка параллельной версии решения СЛАУ методом отражения и обратным ходом метода Гаусса с использованием MPI

Аксой Тевфик Огузхан
323 группа

Постановка задачи

- Написать последовательный алгоритм, приводящий матрицу в верхний треугольный вид методом отражения
- Найти элементы вектора столбца x решив приведенную в верхний треугольный вид матрицу методом обратного хода Гаусса
- Найти и вывести норму невязки $||Ax - b||$
- Распараллелить алгоритмы приведения матрицы в верхний треугольный вид методом отражения и обратного хода метода Гаусса.
- Измерить времена выполнений параллельных алгоритмов
- Запустить программу на вычислительном комплексе IBM Polus с разными размерами вводных данных и количествами MPI процессов. Сделать выводы о времени выполнения для различных размеров матриц и привести таблицы и графики ускорения и эффективности параллельной программы и сравнить данные с OMP.

Кратко алгоритм решения

В начале выделяются памяти для столбцов матрицы и определяется какому процессу будет принадлежать какой столбец (циклическое распределение столбцов матрицы). После этого, произвольные значения заполняют столбцы матрицы A и вектор b. Далее:

1. Методом отражения матрица приводится в верхнетреугольную форму после N шагов, в каждом из которых после вычисления вектора v по $U(v) = E - 2v^2$ данный процесс рассылает всем остальным процессам вектор v и соответственно каждый процесс меняет значения своих столбцов.
2. При обратном ходе Гаусса выполняющимися в обратном направлении, процесс, которому принадлежит данный столбец, выполняет соответствующую операцию MPI_Reduce для получения значения вектора x умноженные на соответствующие числа из матрицы A.
3. После обратного хода Гаусса, на каждом процессе хранятся соответствующие значения вектора x и каждый процесс отправляет свою часть вектора x мастер процессу по рангу 0.

Компиляция и запуск программы

В программе используется такие особенности C++11, как лямбда функции, равномерные распределения чисел, чтобы создать рандомные числа в стиле современного C++ и синонимы шаблонов и типов (type alias, alias template)

Программа компилируется на Polus с помощью **Shell скрипта***, который выполняет скрипт для получения доступа к IBM компилятору и **Makefile***, который компилирует программу. Для того, чтобы использовать, нужно выполнить скрипт вводя команду в терминале «**. mpi_source.sh**».

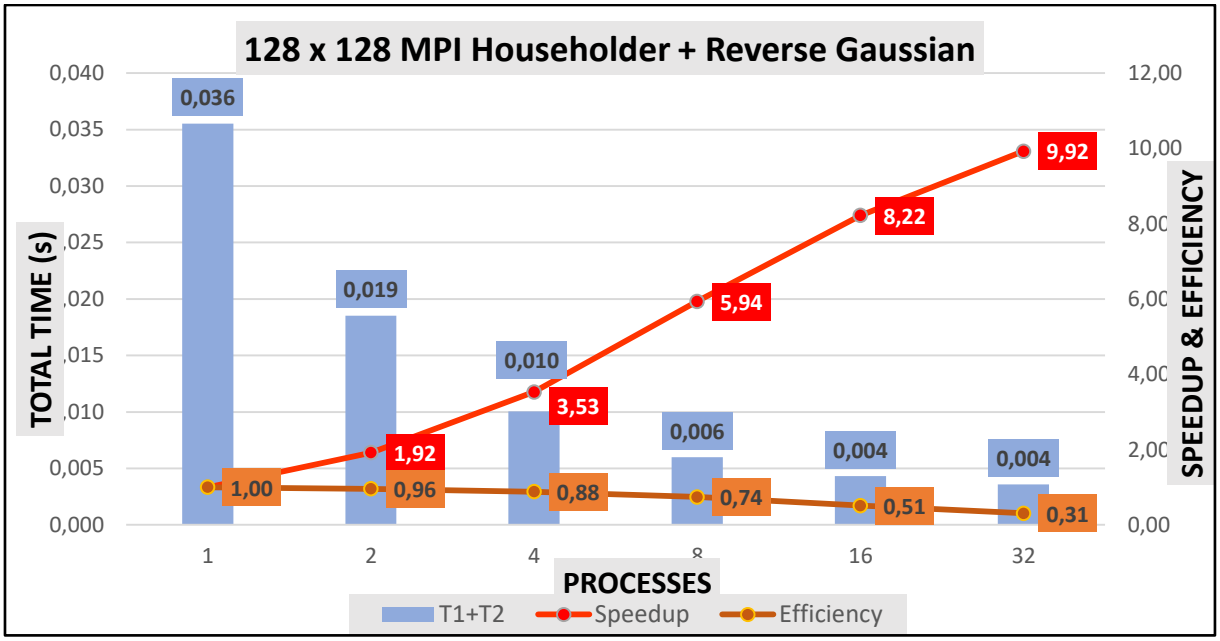
После компиляции программы можно запустить **Python скрипт***, который создаёт планировщик **«mpijob.lsf»** для размещения работы на очередь по указанным данным и вызывает команду **«bsub < mpijob.lsf».** Так же можно при запуске скрипта указать число MPI процессов и размеры матриц.

* ссылка

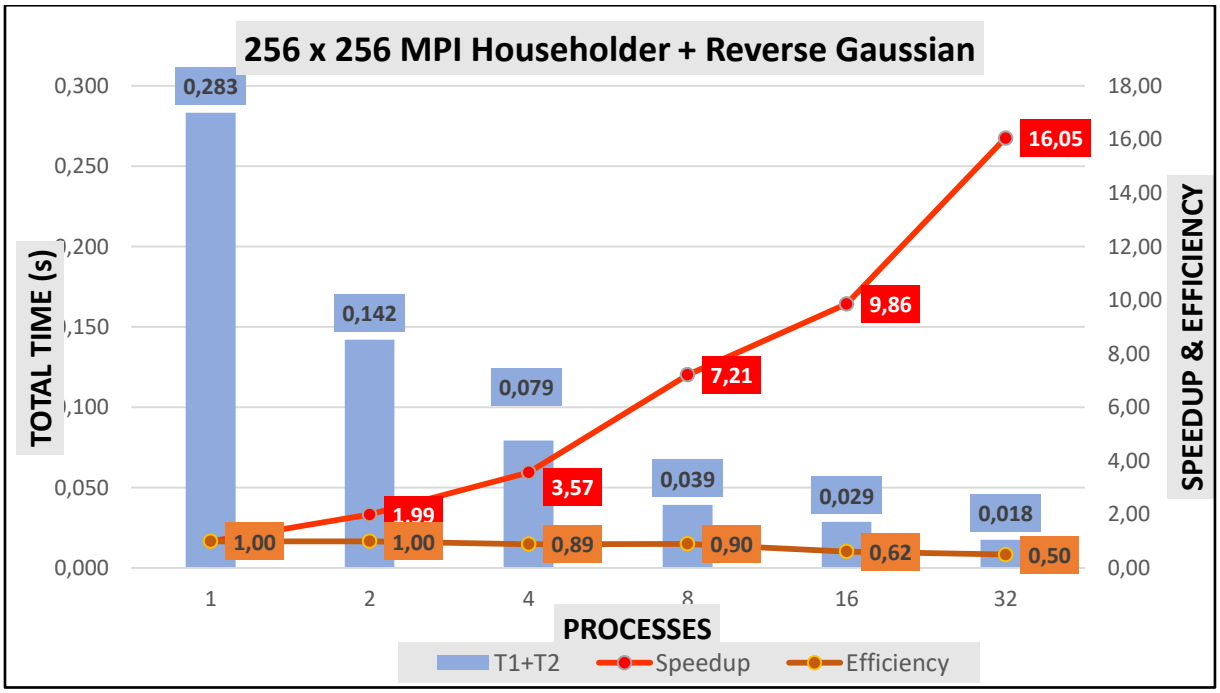
Результаты и выводы

После запуска и обработки программы в Полюсе, файл с результатами ***«result.out»*** на свой компьютер скопировал, дальше для составления графиков по результатам, перенёс данные от результатов в Excel с помощью скрипта. В Excel составил графики ускорения в зависимости от количества процессов. В графику данные о T1+T2 добавил, а не отдельно, так как T2 очень маленькие и по сравнению с T1 невидимыми становятся.

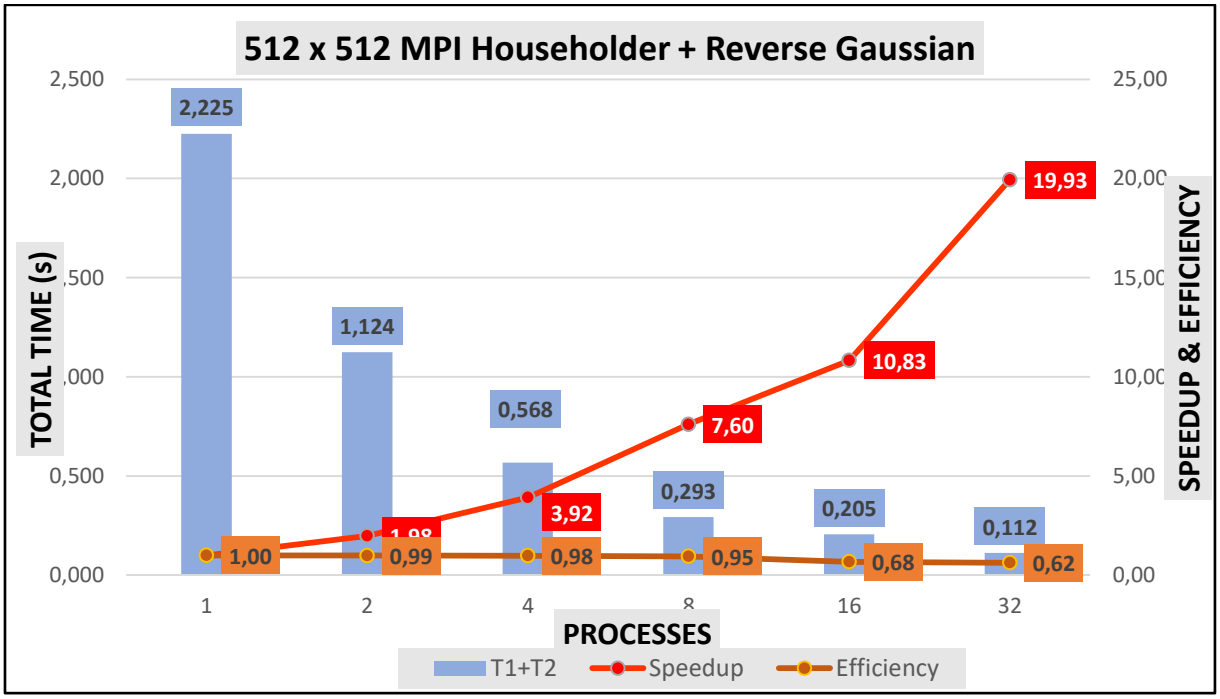
Size	Processes	T1	T2	T1+T2	Speedup	Efficiency
128x128	1	0,0353	0,0002	0,036	1,00	1,00
128x128	2	0,0182	0,0003	0,019	1,92	0,96
128x128	4	0,0096	0,0004	0,010	3,53	0,88
128x128	8	0,0056	0,0004	0,006	5,94	0,74
128x128	16	0,0038	0,0005	0,004	8,22	0,51
128x128	32	0,0028	0,0008	0,004	9,92	0,31



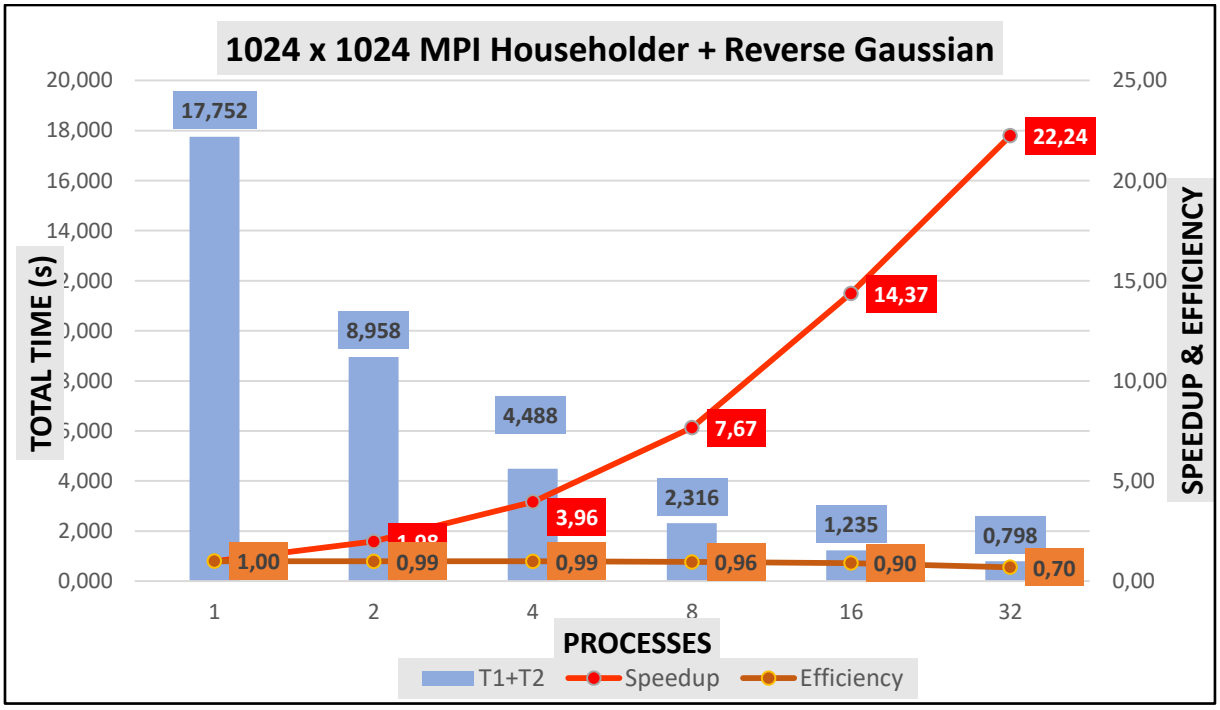
Size	Processes	T1	T2	T1+T2	Speedup	Efficiency
256x256	1	0,2825	0,0007	0,283	1,00	1,00
256x256	2	0,1413	0,0008	0,142	1,99	1,00
256x256	4	0,0786	0,0007	0,079	3,57	0,89
256x256	8	0,0384	0,0009	0,039	7,21	0,90
256x256	16	0,0278	0,0009	0,029	9,86	0,62
256x256	32	0,0161	0,0015	0,018	16,05	0,50



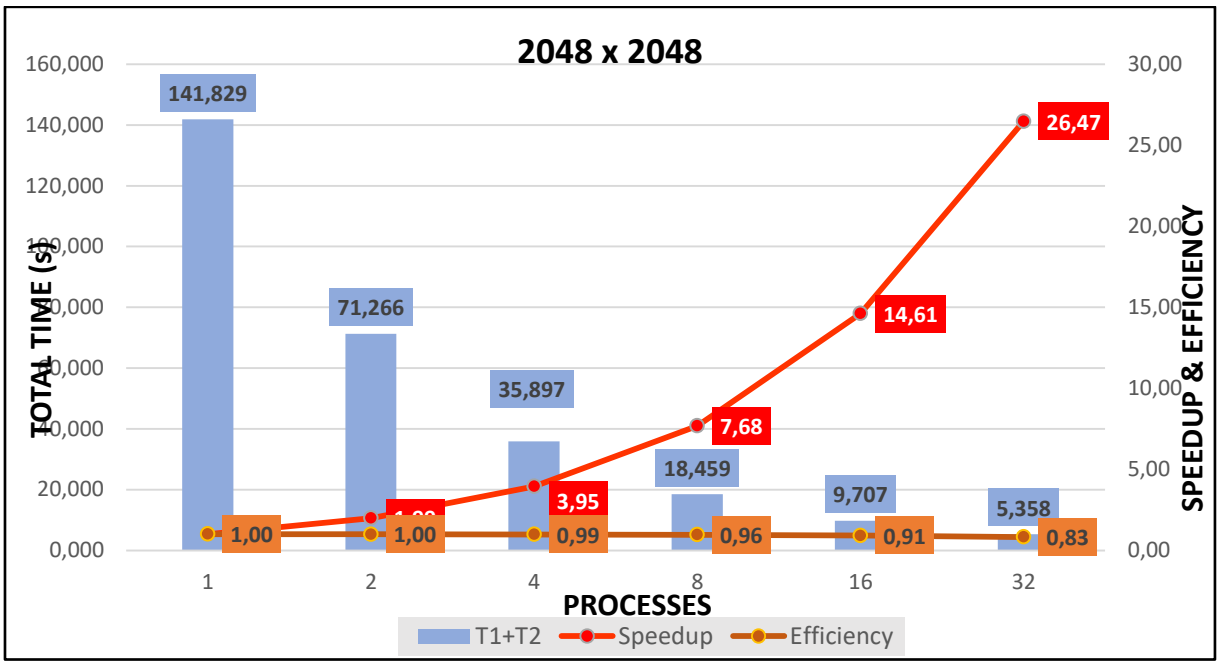
Size	Processes	T1	T2	T1+T2	Speedup	Efficiency
512x512	1	2,2225	0,0028	2,225	1,00	1,00
512x512	2	1,1220	0,0022	1,124	1,98	0,99
512x512	4	0,5663	0,0017	0,568	3,92	0,98
512x512	8	0,2910	0,0017	0,293	7,60	0,95
512x512	16	0,2039	0,0016	0,205	10,83	0,68
512x512	32	0,1093	0,0024	0,112	19,93	0,62



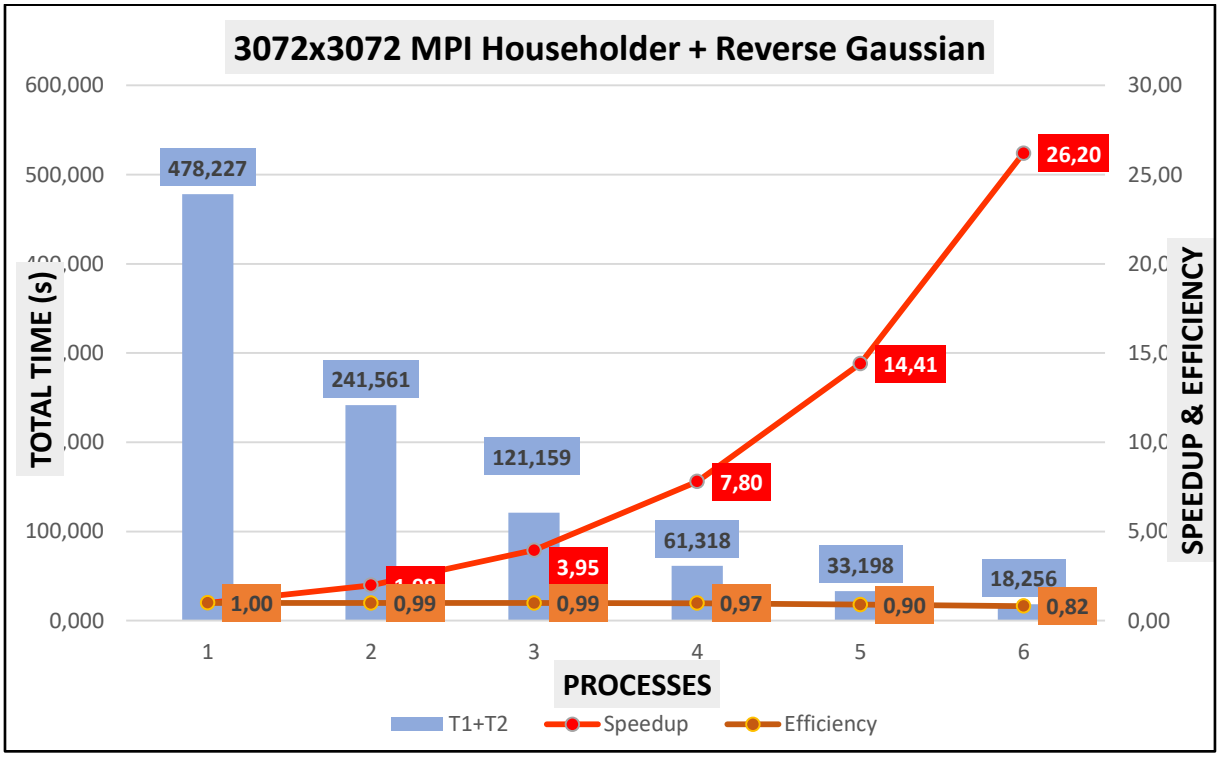
Size	Processes	T1	T2	T1+T2	Speedup	Efficiency
1024x1024	1	17,740	0,011	17,752	1,00	1,00
1024x1024	2	8,951	0,007	8,958	1,98	0,99
1024x1024	4	4,483	0,005	4,488	3,96	0,99
1024x1024	8	2,312	0,004	2,316	7,67	0,96
1024x1024	16	1,232	0,003	1,235	14,37	0,90
1024x1024	32	0,794	0,004	0,798	22,24	0,70



Size	Processes	T1	T2	T1+T2	Speedup	Efficiency
2048x2048	1	141,7810	0,0479	141,829	1,00	1,00
2048x2048	2	71,2389	0,0268	71,266	1,99	1,00
2048x2048	4	35,8813	0,0160	35,897	3,95	0,99
2048x2048	8	18,4488	0,0101	18,459	7,68	0,96
2048x2048	16	9,6987	0,0078	9,707	14,61	0,91
2048x2048	32	5,3491	0,0092	5,358	26,47	0,83



Size	Processes	T1	T2	T1+T2	Speedup	Efficiency
3072x3072	1	478,1050	0,1225	478,227	1,00	1,00
3072x3072	2	241,4990	0,0615443	241,561	1,98	0,99
3072x3072	4	121,1260	0,0330	121,159	3,95	0,99
3072x3072	8	61,2979	0,0198	61,318	7,80	0,97
3072x3072	16	33,1844	0,0140	33,198	14,41	0,90
3072x3072	32	18,2414	0,0144	18,256	26,20	0,82



Полученные данные показывают, что когда имеем большие размеры матриц, тогда ускорения и эффективность распараллеливания становится больше.

Для размеры матриц (которые я запускал с OMP) ускорение для одинакового размера процессов/нитей(до 32 для процессов) полученное ускорение немного отличается и ускорение в программе с MPI немного выше и соответственно более эффективно.