Programação Paralela e o Modelo Mestre-Escravo

Trabalho 1 - Programação Paralela e Distribuída

Nicolas Pereira do Nascimento
Estudante de Engenharia de Computação
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, Brasil
nicolas.nascimento@acad.pucrs.br

Gabriel Chieza Chiele
Estudante de Engenharia de Computação
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, Brasil
gabriel.chiele@acad.pucrs.br

***Abstract*— This paper presents the implementation of a parallel algorithm using the master-slave paradigm and the MPI libraries. It also compares the performance of algorithm when modifying the number of processes used to execute.**

Keywords—Parallel Programming; MPI; Distributed Programming, Master-Slave Paradigm;

I. INTRODUÇÃO

A construção de sistemas atuais se baseia em diferentes frentes. Dentre elas estão aspectos econômicos, legais e performáticos. Esta última, especificamente, é bastante relevante e é alvo de diversos estudos. Uma das alternativas que visa o aumento de desempenho é a aplicação de um modelo de programação paralela, que objetiva a realização de tarefas através de múltiplos processos executando em múltiplos processadores. Cabe ressaltar que o paradigma paralelo pode ser utilizado em sistemas com um único processador, contudo a execução das tarefas torna-se concorrente e o paralelismo é apenas aparente.

II. FUNCIONAMENTO

A. Algoritmo

A fim de garantir a fidelidade dos resultados e visando medir o ganho de performance da mudança de paradigma exclusivamente, o algoritmo utilizado foi o Rank Sort. Este algoritmo é um algoritmo de ordenação de vetor e caracteriza-se por ter uma performance de ordem quadrática ($O(n^2)$).

B. Paradigma Paralelo

A programação paralela pode ser realizada de muitas formas. Especificamente a esse trabalho, usou-se o paradigma mestre-escravo. O modelo especifica uma hierarquia entre os processos de maneira que exista um processo "mestre" e diversos processos "escravos". O processo "mestre" fica responsável pela divisão da tarefa total em sub-tarefas, pela distribuição das mesmas entre os processos "escravos" e pela integração dos resultados provenientes dos escravos. Aos processos escravos cabe realizar as sub-tarefas e, ao finalizarem-las, enviar as sub-tarefas completas ao mestre.

III. IMPLEMENTAÇÃO

O trabalho foi desenvolvido em ambiente Linux e implementado em linguagem C, utilizando a biblioteca MPI para a distribuição dos processos e a criação das comunicações necessárias.

O programa implementado realiza a ordenação, em ordem crescente, de um vetor, que é populado com valores contidos em um arquivo. O caminho do arquivo deve ser passado por parâmetro, juntamente com o tamanho desejado para o vetor, além do parâmetro "np" (representando o número de processos a ser utilizados) utilizado pela biblioteca MPI.

Caso o valor "np" seja igual a um, o programa irá executar sua versão sequencial, caso contrário, será criado um processo mestre, que nesta implementação é o processo cujo rank é igual a zero, os demais processos criados serão os escravos.

O processo mestre é encarregado de separar o vetor em diversas partes e entrega-las aos escravos, através da chamada MPI_Send(), que serão encarregados de realizar a ordenação da parte que lhes foi entregue.

O número de partes em que o vetor será dividido é definido pela equação:

n° de partes = tamanho do vetor / (n° de processos * 4)

IV. EXECUÇÃO

Todos os testes da aplicação foram executados no LAD(Laboratório do Alto Desempenho) da PUCRS. O cluster utilizado, chamado atlântica, tem sua especificação detalhada abaixo:

"O cluster Atlântica é composto por 16 máquinas Dell PowerEdge R610. Cada máquina possui dois processadores Intel Xeon Quad-Core E5520 2.27 GHz Hyper-Threading e 16GB de memória, totalizando 8 núcleos (16 threads) por nó e 128 núcleos (256 threads) no cluster. Os nós estão interligados por 4 redes Gigabit-Ethernet chaveadas.

O último nó (atlantica16), dispõe de uma NVIDIA Tesla S2050 Computing System, com 4 NVIDIA Fermi computing processors (448 CUDA cores cada) divididos em 2 host interfaces e 12GB de memória (3GB por GPU) "[1].

V. TESTES

Os testes de aplicação foram realizados utilizando-se um arquivo contendo 100 mil números inteiros desordenados. Os parâmetros alterados a cada teste eram o número de processo e número de elementos no vetor. Ao final de cada teste, um

arquivo chamado "output.txt" era gerado e continha o vetor ordenado.

VI. Resultados

Os resultados encontrados se baseiam em medir o tempo de execução da aplicação com diferentes cargas e números de processos, foram executados testes com 10k, 50k e 100k elementos, para 1, 4, 8 e 16 processos, totalizando 12 amostras.

Com estas medidas obtemos os valores de speed up e eficiência para a implementação. Estas medidas informam a melhoria em tempo e em utilização do processador resultante do paralelismo.

Estas medidas, apresentadas abaixo, são calculados da seguinte forma:

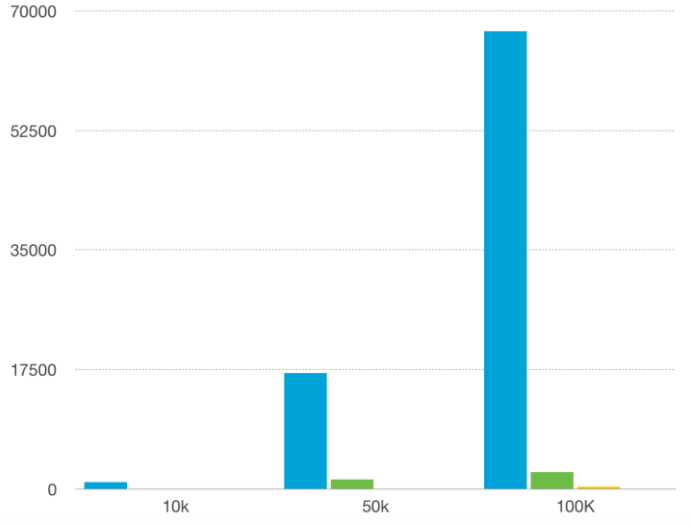
- Speed up = tempo de execução sequencial / tempo de execução para n processos
- Eficiencia = speed up / n° de processos

Tabela I

Tempo de Processamento (milisegundos)			
N° de processos	**N° de elementos do vetor**		
	10K	***50K***	***100K***
1	1000	17000	67000
4	34	1400	2463
8	14	109	360
16	43	100	183

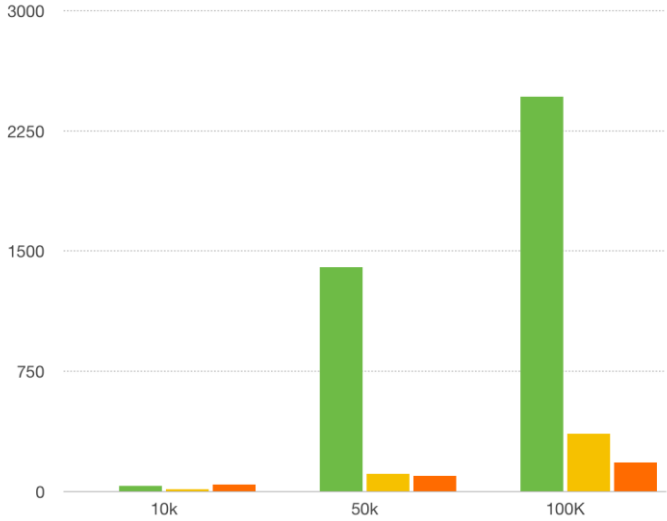
1. Tabela comparativa entre os tempos de execução em milissegundos.

Figura I.a



1. Comparação entre os tempos de execução. *(azul - np 1; verde - np 4; amarelo - np 8; laranja- np 16).*

Figura I.b



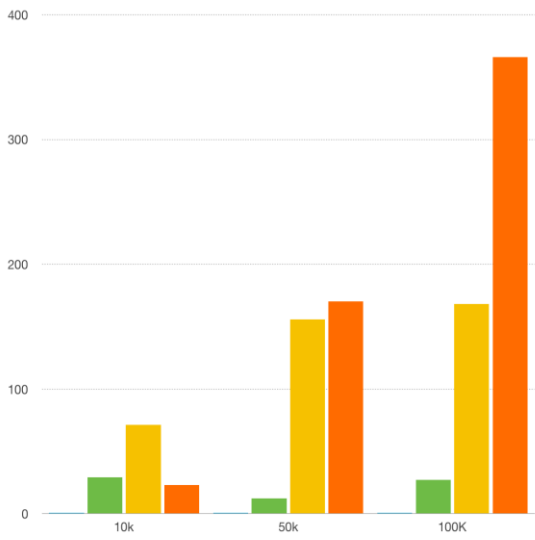
1. Comparação entre os tempos de execução excluindo-se a versão sequencial. *(verde - np 4; amarelo - np 8; laranja- np 16).*

Tabela II

Speed Up			
N° de processos	**N° de elementos do vetor**		
	10K	***50K***	***100K***
1	1	1	1
4	29.4	12.14	27.20
8	71.4	155.96	168.11
16	23.2	170	366.12

2. Tabela dos valores calculados de speed up.

Figura II



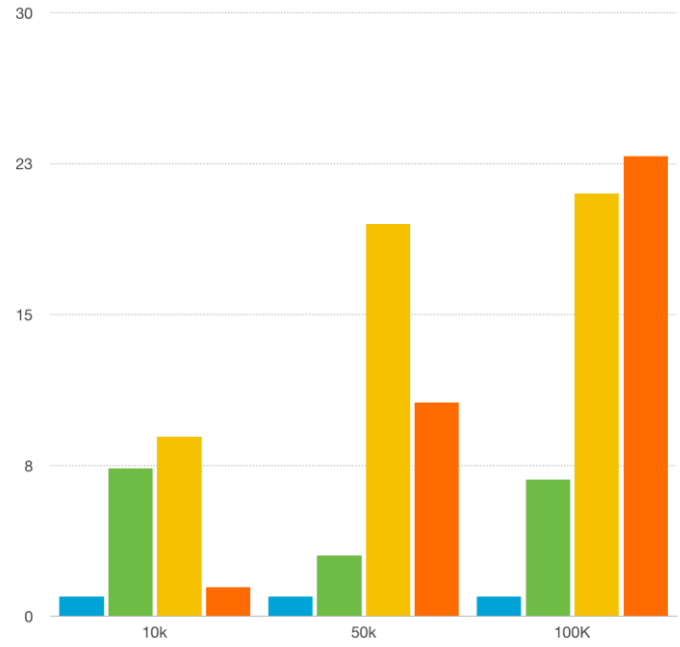
2. Gráfico dos valores calculados de speed up. *(azul - np 1; verde - np 4; amarelo - np 8; laranja- np 16)*

TABELA III

Eficiência			
N° de processos	**N° de elementos do vetor**		
	10K	***50K***	***100K***
1	1	1	1
4	7.35	3.035	6.8
8	8.92	19.49	21.013
16	1.45	10.62	22.88

3. Tabela dos valores calculados de Eficiência.

FIGURA 3



4. Gráfico dos valores calculados de Eficiência. *(azul - np 1; verde - np 4; amarelo - np 8; laranja- np 16)*

VII. CONCLUSÕES

Após uma breve análise dos resultados, alguns pontos relevantes aparecem. Os principais são:

- Em geral, o tempo de execução é bastante reduzido ao aumentar-se o número de processos. Contudo, aumentar excessivamente esta quantidade pode fazer com que a aplicação gaste mais tempo realizando a comunicação entre os processos do que propriamente realizando a ordenação. Isso fica evidente ao utilizar "np" valendo 16 com um vetor de 10 mil elementos, onde o tempo de execução, quando comparado com np 8 e mesmo número de elementos, sofre um acréscimo.
- Os valores de speed up, que idealmente são iguais a "np", acabam extrapolando o valor ideal. Isso ocorre principalmente pela natureza quadrática da versão sequencial do algoritmo. Essa característica faz com que o tempo de computação do mesmo algoritmo, por parte dos escravos, sofra uma melhoria excepcional ao utilizar um parte menor do vetor sendo ordenada por cada escravo.
- Devido ao excelente speed up encontrado, a eficiência encontrada vai muito além de 1(valor ideal). Porém, isso não significa que a utilização dos processadores seja além do esperado, mas sim que o problema tinha uma natureza, em termos de performance, bem ruim.

REFERENCES

1. LAD (Laboratório de Alto Desempenho) – Descrição Cluster Atlântica http://www3.pucrs.br/portal/page/portal/ideia/Capa/LAD/LADInfraestrutura/LADInfraestruturaHardware