Universidade de Brasília Faculdade UnB Gama

Programação para Sistemas Paralelos e Distribuídos - Relatório

Nome: Bruno Henrique Sousa Duarte
Matrícula: 17/0138551

Este relatório é um compilado dos README.md presente em cada pasta das questões do repositório.

Questão 1

Este código é um programa em C que calcula a imagem de um fractal Julia em paralelo usando MPI (Message Passing Interface). O programa é dividido em vários processos que executam a computação em paralelo, e o resultado é escrito em um arquivo de imagem BMP.

O código começa definindo o nome do arquivo de saída e uma matriz que irá armazenar os intervalos de linhas que cada processo irá computar. A função limits() é responsável por dividir o trabalho entre os processos. Ela recebe o número de linhas da imagem e o número de processos e, em seguida, calcula os intervalos de linhas que cada processo deve computar.

A função worker_write_pixel_lines() é usada para escrever um conjunto de linhas de pixels em um arquivo BMP. Ela recebe o ponteiro para o arquivo de saída, as dimensões da imagem, a linha inicial, o número de linhas a serem escritas e o ponteiro para o array de pixels. A função usa a função fseek() para mover o ponteiro do arquivo para a posição correta e, em seguida, escreve as linhas de pixels usando a função fwrite().

Em seguida, a função main() começa lendo o número de linhas da imagem como argumento de linha de comando e, em seguida, inicializa MPI. A função gethostname() é usada para obter o nome da máquina em que o processo está sendo executado.

Em seguida, o programa aloca memória para o array de pixels e para um array de três elementos usado para armazenar a cor de cada pixel. O programa, em seguida, executa um loop para cada intervalo de linhas atribuído a este processo. Para cada pixel, o programa chama a função compute_julia_pixel() (definida no arquivo lib_julia.h) para calcular sua cor e armazená-la no array de pixels.
O programa, em seguida, abre o arquivo de saída e chama a função worker_write_pixel_lines() para escrever as linhas de pixels calculadas por este processo no arquivo de saída. Finalmente, o programa desaloca a memória alocada e encerra a execução do MPI.

Questão 2

Na questão 2 temos um programa em C que usa MPI (Interface de Passagem de Mensagens) para calcular uma imagem da fractal de Julia e salvar a imagem em um arquivo BMP. O código é semelhante ao anterior(Questão 01), mas agora é dividido em intervalos para que vários processos possam calcular pixels diferentes e, em seguida, gravá-los no arquivo BMP usando MPI_File_write_at().

Aqui estão as principais partes do código:

- inclui as bibliotecas necessárias, incluindo MPI. int intervalos[1000][3]: Uma matriz que armazena o intervalo de linhas que cada processo deve calcular.
- limits(): Uma função que calcula os limites de linha para cada processo com base no número total de linhas e no número de processos.

- MPI_Init(), MPI_Comm_rank(), MPI_Comm_size(), MPI_Status: Funções MPI para inicializar o MPI, obter o número de processos e o ID do processo, bem como definir o status da mensagem. for (int i = intervalos[rank][0]; i < intervalos[rank][1]; i++): Um loop que itera pelas linhas que este processo deve calcular com base no seu ID de processo.

- compute_julia_pixel(): Uma função que calcula a cor de um pixel com base em sua posição na imagem e em alguns parâmetros de entrada. Essa função é definida em um arquivo de biblioteca separado chamado lib_julia.h.

- MPI_File_write_at(): Uma função MPI que grava o buffer de pixels em um arquivo BMP. Ele grava a partir de um deslocamento específico no arquivo para que cada processo grave na posição correta.

- MPI_Finalize(): Uma função MPI que finaliza o MPI.

- MPI_File_write_at vs MPI_File_write (Extra). O MPI_File_write_at é semelhante ao MPI_File_write, mas permite que o processo escreva em um deslocamento específico no arquivo, em vez de começar a escrever no início do arquivo. Isso pode ser útil em situações em que os processos precisam escrever em diferentes locais do arquivo, sem precisar coordenar essas operações.

Em geral, o programa divide o cálculo de pixels em várias partes para que diferentes processos possam trabalhar em diferentes partes da imagem. Cada processo calcula seus pixels e, em seguida, grava-os em um arquivo BMP usando MPI_File_write_at().

Questão 3

Este é um programa em linguagem C que realiza a ordenação de um vetor de inteiros usando o algoritmo selection sort e o algoritmo qsort da biblioteca padrão da linguagem.

Primeiro ocorre a inclusão das bibliotecas stdio.h, stdlib.h, string.h, time.h e omp.h. A Declaração da função selection_sort, que recebe um ponteiro para um vetor de inteiros e o número de elementos do vetor, e realiza a ordenação do vetor usando o algoritmo selection sort e de semlhante forma a declaração da função ompsort, que recebe um ponteiro para um vetor de inteiros, um ponteiro para um vetor de saída e o número de elementos do vetor, e realiza a ordenação do vetor usando o algoritmo selection sort em paralelo usando OpenMP. Aloca memória para os vetores de entrada (vector) e de saída (out), ambos com tamanho n e a loca memória para um vetor de teste (test) com tamanho n. Preenche o vetor vector com números inteiros aleatórios usando a função rand(). Copia o conteúdo do vetor vector para o vetor test. Chama a função qsort para ordenar o vetor test em ordem crescente e mede o tempo de execução. Chama a função ompsort para ordenar o vetor vector em ordem crescente usando OpenMP e mede o tempo de execução. Exibe os primeiros 20 elementos do vetor test e do vetor out para verificar se a ordenação foi feita corretamentee compara o conteúdo dos vetores test e out para verificar se a ordenação foi feita corretamente. Exibe uma mensagem indicando se a ordenação foi feita corretamente e os tempos de execução do qsort e do ompsort, e por fim, libera a memória alocada para os vetores.

Questão 4) Para uma determinada dimensão do referido fractal, qual dos três programas montados apresenta melhor performance? Qual o percentual de ganho de uma solução em relação a outra? Para essa resposta, montar um experimento controlado, com simulações de execução dos códigos, levando-se em conta os parâmetros que influenciam a resposta (número de threads, de núcleos, de máquinas, etc.). Ao final dos testes, monte uma tabela comparativa e mostre os tempos de execução de cada programa, considerando os parâmetros que influenciam a performance e apresente uma resposta conclusiva.

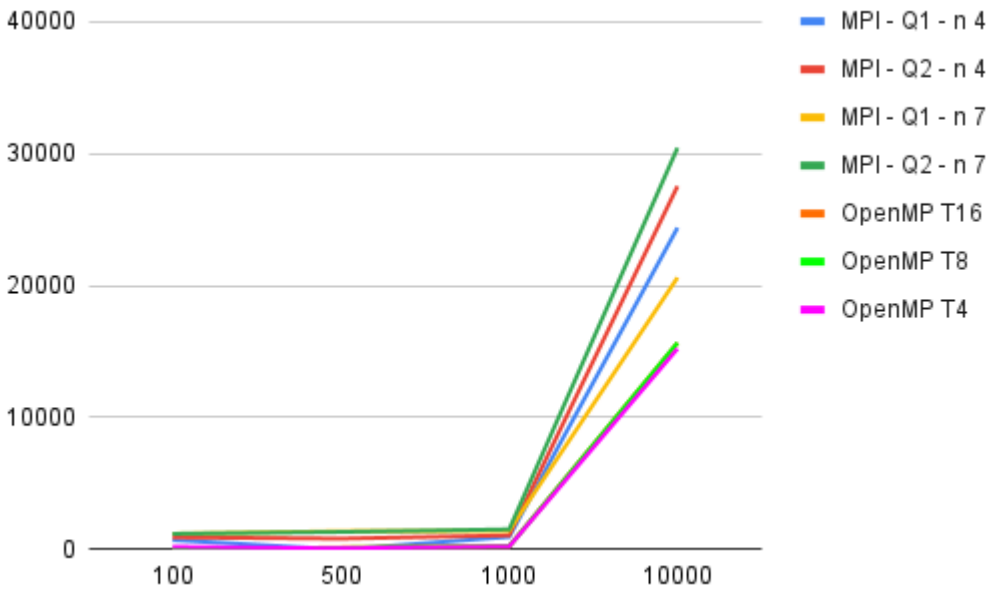
Fractal	100	500	1000	10000
MPI - Questão 1 *-n 4*	*0.724s*	*0.825s*	*0.962s*	*24.370s*
MPI - Questão 2 *-n 4*	*0.923s*	*0.829s*	*1.076s*	*27.520s*
MPI - Questão 1 *-n 7*	*1.195s*	*1.388s*	*1.421s*	*20.598s*
MPI - Questão 2 *-n 7*	*1.193s*	*1.337s*	*1.531s*	*30.419s*
OpenMP *$OMP_NUM_THREADS = 16*	*0.016s*	*0m0.157s*	*0.249s*	*15.648s*
OpenMP *$OMP_NUM_THREADS = 8*	*0.020s*	*0.132s*	*0.239s*	*15.660s*
OpenMP *$OMP_NUM_THREADS = 4*	*0m0.205s*	*0m0.102s*	*0m0.232s*	*15.213s*

A partir da tabela podemos concluir que o ***MPI*** (Message Passing Interface) que permite vários processos em diferentes hosts se comunicam entre si e coordenam seu trabalho em uma tarefa paralela. Quando se utiliza MPI em mais de um host, o tempo de execução pode ser afetado por diversos fatores, como a latência e a largura de banda da rede, a carga de trabalho distribuída entre os hosts e a eficiência do algoritmo paralelo implementado. Assim, conforme podemos observar o tempo de execução para 7 hosts seja superior ao tempo de execução para 4 hosts. Isso pode ocorrer devido a vários motivos, como: **Sobrecarga da rede,** quanto mais hosts são utilizados, maior é o tráfego de dados na rede e maior é a latência de comunicação entre os hosts. Isso pode levar a atrasos na troca de mensagens entre os processos MPI e, consequentemente, aumentar o tempo de execução e **Balanceamento de carga**, ao utilizar mais hosts, é necessário distribuir a carga de trabalho entre eles de forma equilibrada. Se essa distribuição não for eficiente, alguns hosts podem ficar ociosos enquanto outros estão sobrecarregados,

o que pode diminuir a eficiência do algoritmo paralelo e aumentar o tempo de execução.

Em relação ao ***OpenMP*** é a capacidade de executar tarefas em paralelo por meio do uso de threads. Quando se utiliza OpenMP, aumentar o número de threads pode melhorar o desempenho em certas condições. Isso ocorre porque, em geral, o aumento do número de threads leva a uma distribuição mais equilibrada da carga de trabalho entre os processadores e reduz o tempo de espera ocioso para acesso à memória compartilhada.

Portanto, conforme observado na tabela, o OpenMP permite que essas partes do código sejam executadas em paralelo por meio do uso de threads, aproveitando a memória compartilhada disponível no sistema e alcançando uma escalabilidade muito boa e um desempenho alto. Por outro lado, o MPI é mais adequado para aplicações que requerem comunicação e coordenação entre múltiplos processos em sistemas distribuídos. O MPI permite que os processos se comuniquem e coordenem entre si, permitindo que eles realizem cálculos paralelos em vários sistemas.



Questão 5

Este é um programa em linguagem C que realiza a ordenação de um vetor de inteiros usando o algoritmo selection sort e o algoritmo qsort da biblioteca padrão da linguagem.

Primeiro ocorre a inclusão das bibliotecas *stdio.h, stdlib.h, string.h, time.h* e *omp.h*. A Declaração da função *selection_sort*, que recebe um ponteiro para um vetor de inteiros e o número de elementos do vetor, e realiza a ordenação do vetor usando o algoritmo selection sort e de semelhante forma a declaração da função *ompsort*, que recebe um ponteiro para um vetor de inteiros, um ponteiro para um vetor de saída e o número de elementos do vetor, e realiza a ordenação do vetor usando o algoritmo selection sort em paralelo usando OpenMP. Aloca memória para os vetores de entrada (*vector*) e de saída (out), ambos com tamanho *n* e a loca memória para um vetor de teste (test) com tamanho n. Preenche o vetor vector com números inteiros aleatórios usando a função *rand()*. Copia o conteúdo do vetor *vector* para o vetor test. Chama a função qsort para ordenar o vetor test em ordem crescente e mede o tempo de execução. Chama a função *ompsort* para ordenar o vetor vector em ordem crescente usando OpenMP e mede o tempo de execução. Exibe os primeiros 20 elementos do vetor *test* e do vetor out para verificar se a ordenação foi feita corretamente e compara o conteúdo dos vetores test e out para verificar se a ordenação foi feita corretamente. Exibe uma mensagem indicando se a ordenação foi feita corretamente e os tempos de execução do qsort e do *ompsort*, e por fim, libera a memória alocada para os vetores.