

Impacto da Afinidade de Processador no Desempenho de Aplicações Paralelas

Carlos Alexandre de Almeida Pires (carlos.alexandre@engenharia.ufjf.br)

Marcelo Lobosco (marcelo.lobosco@ice.ufjf.br)

Departamento de Ciência da Computação - Universidade Federal de Juiz de Fora

Introdução

O tremendo ganho de desempenho dos processadores nas últimas décadas permitiu que novas aplicações, que até então eram proibitivas, sob a ótica do desempenho, pudessem se tornar viáveis. No entanto, inúmeras outras aplicações ainda são inviáveis por conta de seu alto custo computacional. Uma ferramenta que pode ser utilizada para reduzir os custos de execução de uma aplicação é a computação paralela. Uma das formas de reduzir o tempo de computação é dividir a computação a ser feita entre os múltiplos núcleos de processamento disponíveis nos processadores atuais.

Em alguns cenários, uma aplicação paralela, por melhor que seja o seu código, pode ter seu desempenho comprometido por conta das opções de escalonamento efetuadas pelo sistema operacional. Esse cenário pode ocorrer, por exemplo, quando o sistema operacional (SO) decide escalonar um processo ou *thread* da aplicação paralela, a cada fatia de tempo, em um núcleo diferente. O impacto no desempenho surge pelo fato de cada núcleo possuir uma *cache* privativa. Assim, ao ser escalonada em um núcleo diferente a *thread* não tem mais acesso aos dados previamente mantidos em *cache*, devendo compulsoriamente pagar o preço de novos acessos à memória.

Uma das formas de resolver esse problema é empregar a técnica conhecida como afinidade de processador (*Processor Affinity*) [Love, 2003] no escalonamento de processos. Neste caso, o SO opta por escalonar a *thread* sempre no mesmo processador. Nesse trabalho, iremos avaliar o impacto da afinidade de processador no desempenho de um conjunto de aplicações paralelas.

Métodos

Para avaliar quantitativamente o impacto da afinidade de processador no desempenho de aplicações paralelas, foi realizado o seguinte teste. Foram medidos os tempos de execução de um conjunto de aplicações paralelas, primeiro sem o uso de afinidade de processador no escalonamento das *threads* pelo SO e depois com o uso da afinidade.

Foram utilizados os seguintes aplicativos do benchmark NPB-OpenMP (*NAS Parallel Benchmarks*) [Barley, 1991] para os testes: BT (*Block Tri-diagonal solver*), CG (*Conjugate Gradient*), EP (*Embarrassingly Parallel*), FT (*Fourier Transform*), LU (*Lower-Upper solver*), e SP (*Scalar Penta-diagonal solver*). O benchmark foi executado com 1, 2, 4 e 8 *threads*.

Os testes foram feitos em um computador com dois processadores Intel Xeon E5620 de 2.40 GHz, cada um com quatro núcleos, totalizando assim 8 núcleos de processamento. Cada núcleo possui 32KB de *cache* L1 de dados, 32 KB de *cache* L1 de instruções, e 256KB de *cache* L2, esta compartilhada entre instruções e dados.

Cada processador possui uma *cache* L3 de 12MB, compartilhada portanto entre os quatro núcleos. Apesar deste processador possuir suporte para a tecnologia *hyper-threading*, esta foi desabilitada na BIOS. A máquina executa o SO Linux com *kernel* na versão 2.6.32. O compilador gFortran na sua versão 4.4.7 foi usado para compilar os programas.

O tempo foi calculado através do aplicativo *time*, disponível no SO. Para fins de cálculo do tempo de execução, foi considerada a média de 5 execuções. O desvio-padrão observado foi menor que 1,9%.

Resultados

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Benchmark	Uso de Afinidade	Número de Núcleos			
		1	2	4	8
BT	Não	307,1	157,4	81,6	95,6
	Sim	307,2	156,9	80,1	46,3
CG	Não	97,9	50,7	28,1	21,2
	Sim	97,9	50,0	27,7	20,6
EP	Não	87,4	44,3	22,3	14,9
	Sim	87,3	43,9	21,9	11,6
FT	Não	81,1	41,4	21,8	14,3
	Sim	81,0	41,4	21,5	13,8
LU	Não	291,4	149,9	77,4	45,1
	Sim	291,4	148,8	76,7	44,4
SP	Não	262,2	136,4	74,1	50,9
	Sim	262,2	134,5	73,6	49,6

Tabela 1. Tempos de execução dos benchmarks.

Pode-se observar que o uso de afinidade de processador não impactou significativamente o desempenho, na maioria das aplicações, para execuções com 1, 2, 4 e 8 *threads*. Nestes casos, os ganhos foram inferiores a 3%. Contudo, o desempenho de dois dos benchmarks, BT e EP, sofreram grandes impactos na execução com 8 *threads*, com ganhos respectivamente de 2,1 e 1,3.

Conclusão

Este trabalho apresentou os resultados da avaliação de desempenho do benchmark NPB-OpenMP, quando executados com e sem o uso de afinidade de processador no escalonamento das aplicações. Os resultados mostraram que algumas aplicações são extremamente sensíveis a este escalonamento, com ganhos de desempenho que chegam a 2,1.

Referências bibliográficas

BAILEY, David H. et al. The NAS parallel benchmarks. *International Journal of High Performance Computing Applications*, v. 5, n. 3, p. 63-73, 1991.

LOVE, Robert. *Kernel Corner: CPU affinity*. Linux Journal. 2003, Issue 111, July 2003.