

Verificação do consumo energético do benchmark NPB em arquiteturas multicore*

Bruno M. Schaefer¹, Daniel A. G. de Oliveira¹, Edson L. Padoin^{1,2},
Renan F. Pires¹, Philippe O. A. Navaux¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Porto Alegre - RS - Brasil

²Universidade Reg. do Noroeste do Estado do Rio G. do Sul (UNIJUI) - Ijuí - RS - Brasil

{bmschaefer, dagoliveira, elpadoin, rfpirez, navaux}@inf.ufrgs.br

1. Introdução

A utilização de máquinas multicore já é uma realidade. Elas estão presentes não apenas em desktops ou em servidores, mas também em dispositivos móveis. Porém, esta arquitetura apresenta diferentes níveis de consumo de energia dependendo da configuração. Este trabalho tem como objetivo analisar a eficiência energética de equipamentos com diferentes configurações. Para tanto, faz-se necessário mensurar a performance e o consumo dos mesmos.

Este trabalho apresenta os resultados obtidos com a execução de diferentes classes do benchmark NPB (NAS Parallel Benchmarks) em duas arquiteturas multicores, uma com 8 cores e outra com 32 cores.

2. Trabalhos Relacionados

Para a construção de novas arquiteturas de HPC, inúmeras simulações têm sido realizadas em diversos centros de processamento de alto desempenho, todas considerando o consumo de energia como a principal métrica a ser reduzida [Barker et al. 2009]

O NPB é um pequeno conjunto de programas (benchmarks) projetados para ajudar a avaliar o desempenho de máquinas paralelas. Os benchmarks utilizados neste trabalho foram detalhadamente examinados em [Bailey et al. 1995]. O mapeamento de processos é um dos fatores importantes no consumo de energia em arquiteturas multicore, nesse sentido, quando não é utilizado um algoritmo eficiente de mapeamento de processos pode-se ter um significativo aumento de consumo como mostrado em [Padoin et al. 2011].

3. IPMI

A grande maioria dos servidores possuem um microcontrolador especializado embutido na placa-mãe denominado de *Baseboard Management Controller* (BMC). Este microcontrolador é capaz de capturar os dados de diversos sensores da placa-mãe como parâmetros de temperatura do sistema, velocidade do ventilador, estado do sistema, voltagem, modo de alimentação, consumo de energia, dentre outros. Os dados capturados pelo BMC podem ser acessados através de uma interface, como por exemplo *Intelligent Platform Management Interface* (IPMI) [GNU 2011].

O BMC pode ser conectado através de diferentes formas, seja via uma conexão serial RS 232, um barramento SMB ou uma conexão LAN, o que possibilita uma maior

*Trabalho parcialmente apoiado por CNPq, CAPES e FAPERGS.

flexibilidade no monitoramento e no gerenciamento remoto do equipamento. Já o IPMI define um conjunto de interfaces que podem ser utilizadas para monitorar e gerenciar diversos contadores de hardware. Dentre eles, o consumo de energia em tempo real do sistema, a eficiência das fontes de alimentação.

4. Ambiente de teste

Para a realização dos testes foram utilizados dois servidores. O primeiro, um Dell Poweredge R610 (8 cores e 2 threads por core) e o segundo, um Dell Poweredge R910 (32 cores e 2 threads por core), conforme apresentado na Tabela 1 [DELL 2011].

Tabela 1. Configuração dos servidores

	Servidor 1	Servidor 2
Processador	Intel Xeon E5530	Intel Xeon X7550
Frequência de Clock (GHz)	2,4	2
Número de Processadores	2	4
Cores/Processador	4	8
Threads/Core	2	2
Total Threads	16	64
Memória DDR3 (GB)	12	128
Cache L1/Core (KB)	64	64
Cache L2/Core (KB)	256	256
Cache L3 compartilhada (MB)	8	18
Consumo de potência - idle (W)	122	514

Os dois servidores possuem o sistema operacional GNU/Linux Ubuntu 10.04 de 64 bits, kernel versão 2.6.38-11 e compilador GCC versão 4.4.3.

Foram executados os benchmarks FT e CG na classe B do benchmark NPB versão 3.3 com diferentes números de threads nos dois equipamentos para a mensuração do tempo de execução e do consumo de energia. A obtenção dos valores de potência instantânea e de corrente elétrica foi realizada através do IPMI 2.0 presente nos dois servidores com a utilização de um script em linguagem Python.

5. Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos com a execução dos benchmarks nos dois servidores. Na Tabela 2 encontra-se os resultados do FT classe B e na Tabela 3 os resultados do CG classe B.

Cada benchmark foi executado 5 vezes variando-se o número de thread de 1 até 512. A partir das execuções foi calculada a média aritmética e o desvio padrão. Os casos que apresentaram um desvio padrão alto foram, então, executados mais 5 vezes.

5.1. Análise de performance

Analisando os tempos de execução da Tabela 2, observa-se que o tempo foi reduzido linearmente até 4 threads no servidor 1 e 16 threads no servidor 2. Quando dobrou-se esta quantidade de threads, ou seja, 8 threads no servidor 1 e 32 threads no servidor 2, houve ainda uma redução, porém não linear. Este comportamento é justificado pelo custo adicional de comunicação, pois nesta execução faz-se necessário o uso de todos os processadores do sistema.

Nas execuções seguintes, quando o número de threads foi superior ao número de cores físicos não se obteve mais ganho de performance. É importante ressaltar que

Tabela 2. Resultados das execuções do benchmark FT classe B

# threads	Servidor 1		Servidor 2	
	Tempo de Execução (s)	Consumo Total (Wh)	Tempo de Execução (s)	Consumo Total (Wh)
1	75.05 \pm 0.09	3.465 \pm 0.02	94.666 \pm 0.251	13.593 \pm 0.129
2	38.47 \pm 0.95	2.002 \pm 0.04	48.286 \pm 0.064	7.223 \pm 0.132
4	19.87 \pm 0.05	1.228 \pm 0.01	24.302 \pm 0.047	3.873 \pm 0.038
8	12.46 \pm 0.02	0.865 \pm 0.01	12.388 \pm 0.013	2.051 \pm 0.034
16	14.42 \pm 0.22	1.040 \pm 0.01	6.750 \pm 0.017	1.237 \pm 0.054
32	15.60 \pm 0.31	1.087 \pm 0.04	4.316 \pm 0.009	0.836 \pm 0.025
64	15.60 \pm 0.16	1.090 \pm 0.03	7.434 \pm 1.452	1.499 \pm 0.282
128	15.74 \pm 0.13	1.125 \pm 0.02	5.086 \pm 0.131	1.011 \pm 0.046
256	16.27 \pm 0.08	1.132 \pm 0.01	4.876 \pm 0.067	0.976 \pm 0.043
512	17.43 \pm 0.53	1.181 \pm 0.02	6.018 \pm 1.409	1.190 \pm 0.258

Tabela 3. Resultados das execuções do benchmark CG classe B

# threads	Servidor 1		Servidor 2	
	Tempo de Execução (s)	Consumo Total (Wh)	Tempo de Execução (s)	Consumo Total (Wh)
1	95.22 \pm 0.86	4.475 \pm 0.03	157.784 \pm 0.407	22.586 \pm 0.074
2	48.59 \pm 1.20	2.550 \pm 0.04	77.754 \pm 1.908	11.624 \pm 0.275
4	24.70 \pm 0.08	1.504 \pm 0.03	38.036 \pm 0.938	6.363 \pm 0.240
8	19.22 \pm 0.07	1.304 \pm 0.01	19.838 \pm 3.440	3.479 \pm 0.528
16	38.95 \pm 29.74	2.09 \pm 1.39	12.176 \pm 4.676	2.226 \pm 0.703
32	25.18 \pm 0.08	1.605 \pm 0.00	6.988 \pm 1.919	1.382 \pm 0.332
64	26.85 \pm 0.25	1.680 \pm 0.03	116.633 \pm 93.454	24.042 \pm 19.235
128	26.31 \pm 0.09	1.677 \pm 0.01	16.402 \pm 2.527	3.036 \pm 0.411
256	26.11 \pm 0.19	1.766 \pm 0.01	22.274 \pm 2.308	4.178 \pm 0.326
512	33.65 \pm 0.40	2.230 \pm 0.03	36.548 \pm 1.759	6.857 \pm 0.320

ter um número de threads maior que o número de CPUs é vantajoso quando se tem um algoritmo com muitas solicitações de I/O, pois enquanto uma thread fica bloqueada, a outra continua em execução, o que não ocorre quando há apenas 1 thread por CPU; por esta razão não há ganho em se utilizar mais threads que número de CPUs no benchmark FT (Transformada de Fourier), que é um algoritmo essencialmente de cálculos, logo todas as threads concorrem pela CPU.

Os resultados obtidos na execução do benchmark CG, apresentados na Tabela 3, seguem um padrão semelhante aos resultados obtidos na execução do benchmark FT. Ou seja, escalou até 4 threads no servidor 1 e 32 threads no servidor 2.

Observa-se na Tabela 3 que no servidor 1 o desempenho é inicialmente linear: com o aumento no número de threads, o tempo de execução diminui pelo mesmo fator, porém com 16 threads há uma piora no desempenho que se mantém posteriormente. Ressalta-se que este comportamento acontece exatamente no número de threads que o equipamento possui (16), ou seja não está sendo vantajoso utilizar todas threads que o equipamento dispõe. Isto acontece pois com um número de threads maior que 8 há uma concorrência pelas CPUs disponíveis, e, conseqüentemente, trocas de contexto, que pioram o desempenho da execução.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do servidor 2. O comportamento é similarmente ao servidor 1, há um ganho de desempenho linear até o número de CPUs disponíveis (32) no equipamento. Com o aumento para 64 threads percebe-se um aumento significativa no tempo de execução e no consumo de energia (14 vezes em ambos). Entretanto esta característica não se mantém com o aumento do número de threads onde o tempo de execução de foi de 10 segundos.

Outra característica observada é a grande variação no tempo de execução dos ben-

chmarks, principalmente no CG quando executando no servidor 2 onde o desvio padrão ultrapassa 50% do tempo de execução médio.

5.2. Análise do consumo energético

Na Figura 1 é apresentado o consumo de energia das execuções do benchmark CG nos 2 servidores. Percebe-se no gráfico que o consumo energético possui um comportamento similar aos tempos de execução apresentados nas Tabelas 2 e 3, isto porque o consumo é dado em função da potência instantânea e do tempo de execução.

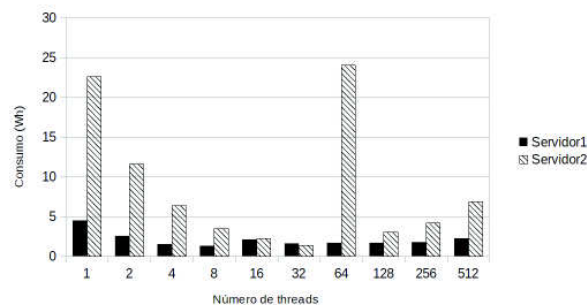


Figura 1. Comparação de consumo entre os 2 servidores (benchmark CG)

6. Conclusão e Trabalhos Futuros

Com as execuções paralelas dos benchmarks obteve-se um speedup superior a 6x no benchmark FT e de 5x no benchmark CG no servidor 1. Quanto a energia neste servidor, houve um consumo 4 vezes menor em ambos os benchmarks. Já no servidor 2 obteve-se um speedup de 22x e um consumo 16 vezes menor em ambos os benchmarks.

Com base nos resultados obtidos percebe-se a grande influência do mapeamento de processos no desempenho e no consumo energético. Como trabalhos futuros pretende-se analisar o comportamento desses benchmarks com diferentes políticas de mapeamento de processos.

Referências

- Bailey, D., Harris, T., Saphir, W., Van Der Wijngaart, R., Woo, A., and Yarrow, M. (1995). The nas parallel benchmarks 2.0. Technical report, Technical Report NAS-95-020, NASA Ames Research Center.
- Barker, K., Davis, K., Hoisie, A., Kerbyson, D., Lang, M., Pakin, S., and Sancho, J. (2009). Using performance modeling to design large-scale systems. *IEEE Computer*, 42(11):42–49.
- DELL (2011). Powerededge. <http://www.dell.com/br/empresa/p/servers?ck=bt>.
- GNU (2011). Freeipmi. <http://www.gnu.org/software/freeipmi>.
- Padoin, E. L., Cruz, E. H. M., Boito, F. Z., Moreira, F. B., Pilla, L. L., Kassick, R. V., and Navaux, P. O. A. (2011). Avaliação de um Modelo de Consumo Energético Aplicado ao Mapeamento de Processos. In *X Workshop em Desempenho de Sistemas Computacionais e de Comunicação (WPerformance 2011)*, pages 1–13. SBC.