

Análise de desempenho da utilização de DVFS em Operações de E/S com Dispositivos HDD e SSD

Cleber C. Sartorio¹, Pablo J. Pavan¹, Edson L. Padoin^{1,2}

¹Universidade Reg. do Noroeste do Estado do Rio G. do Sul (UNIJUI) - Ijuí - RS - Brasil

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Porto Alegre - RS - Brasil

{cleber.sartorio,pablo.pavan,padoin}@unijui.edu.br

Resumo. *O objetivo deste trabalho é analisar se a variação da frequência do processador tem impacto no consumo e no desempenho de dispositivos de armazenamento HDD e SSD. Para tanto, testes foram realizados com o Benchmark FIO em operações de E/S. Os resultados demonstraram que os SSD são 37,56 vezes mais eficientes que o HDD em operações de leitura e 14,17 vezes em operações de escrita. No entanto, a variação de frequência do processador não apresentou impacto nas operações.*

1. Introdução

Inúmeras aplicações foram reescritas e passaram a ser executadas em arquiteturas para computação de alto desempenho. Tais aplicações geralmente lidam com grande volumes de dados e demandam de elevados tempos de processamento para alcançar os resultados. Nesse sentido, o consumo de energia tornou-se uma das principais preocupações dada a alta demanda de potência dos atuais sistemas de computação. Assim, encontrar soluções que aumentem a eficiência energética dos sistemas computacionais corresponde a um grande desafio. Almejando contornar esta situação, este trabalho busca analisar se a variação da frequência do processador tem impacto no consumo e no desempenho de dispositivos de armazenamento HDD (Hard Disk Drive) e SSD (Solid State Drive) na computação de alto desempenho.

O objetivo maior deste trabalho é analisar se a aplicação de DVFS (Dynamic Voltage and Frequency Scaling) no processador equivale a uma alternativa para reduzir o consumo de energia, sem reduzir a velocidade de processamento dos sistemas de armazenamento.

2. Trabalhos Relacionados

No passado, pesquisadores exploraram o uso de discos rígidos de múltiplas velocidades para servidores de armazenamento [Carrera et al. 2003, Gurusurthi et al. 2003, Zhu et al. 2005]. As abordagens mais recentes aplicam-se principalmente à escala dinâmica de tensão e frequência - DVFS - para diminuir o consumo de energia pelo processador durante as operações de E/S, pois elas não requerem muito poder de processamento. O DVFS tem sido uma técnica popular adotada para economizar o consumo de energia por núcleos ociosos em sistemas *multi-core* [Lee 2009], recursos inativos em ambientes em nuvem [Hosseinimotlagh et al. 2014, Younge et al. 2010] e durante as fases de comunicação das aplicações MPI [Peraza et al. 2013].

Considerando as diferentes técnicas utilizadas pelos autores, neste trabalho foi explorado a utilização de unidades de armazenamento com arquiteturas distintas, relacionando-as com a utilização da unidade processadora em diferentes frequências pré-fixadas, com o intuito de reduzir o processamento dos nós, e consequentemente economizar energia sem perda de desempenho. Essa alternativa seria complementar as dos trabalhos discutidos avaliando sua viabilidade com relação ao consumo energético de operações de E/S.

3. Metodologia

Para a realização dos testes foi selecionado o benchmark FIO, devido ao fato de permitir a simulação de diferentes tipos de cargas de IO e ajuste de vários parâmetros, incluindo a mistura de gravação/leitura [Review 2017]. Este foi configurado para executar requisições de 4 MB, sem o uso da buffer cache para não haver inconsistências nos resultados. Foram executadas 10 repetições para cada operação de escrita e leitura sequencial em um arquivo com tamanho de 5 GB, sendo limitando o tempo máximo de 60 segundos para cada operação, em virtude do numero de testes a serem executados, e pelo período de tempo necessário para concluí-los.

O ambiente de execução é composto por um computador que possui um processador Intel Core i7-4790 com frequência de *clock* mínima de 800 MHz e máxima de 4,0 GHz¹. Esta máquina roda em um Sistema Operacional Ubuntu versão 16.04.1 LTS com *kernel* 4.10.0-40-generic, possuindo o sistema de arquivos EXT4. Foram utilizados dois dispositivos de armazenamento. O primeiro, um SSD da marca Samsung de 256 GB, com tensão de 5 V e corrente de 0,50 A. O segundo, um HDD da marca Western Digital de 250 GB, velocidade de 7200 RPM, com tensão de 5 V e corrente de 0,65 A.

Para mensuração da demanda de potência e consumo de energia de todo o sistema foi utilizado um osciloscópio Keysight Agilent Technologies modelo DSO6014A. Afim de se obter a eficiência alcançada, foi realizada a sua mensuração através do cálculo do desempenho em MB/s, dividido pelo custo energético (consumo em Joules).

4. Resultados

Na Figura 1 são apresentados os resultados dos testes com o benchmark FIO em operações de leitura.

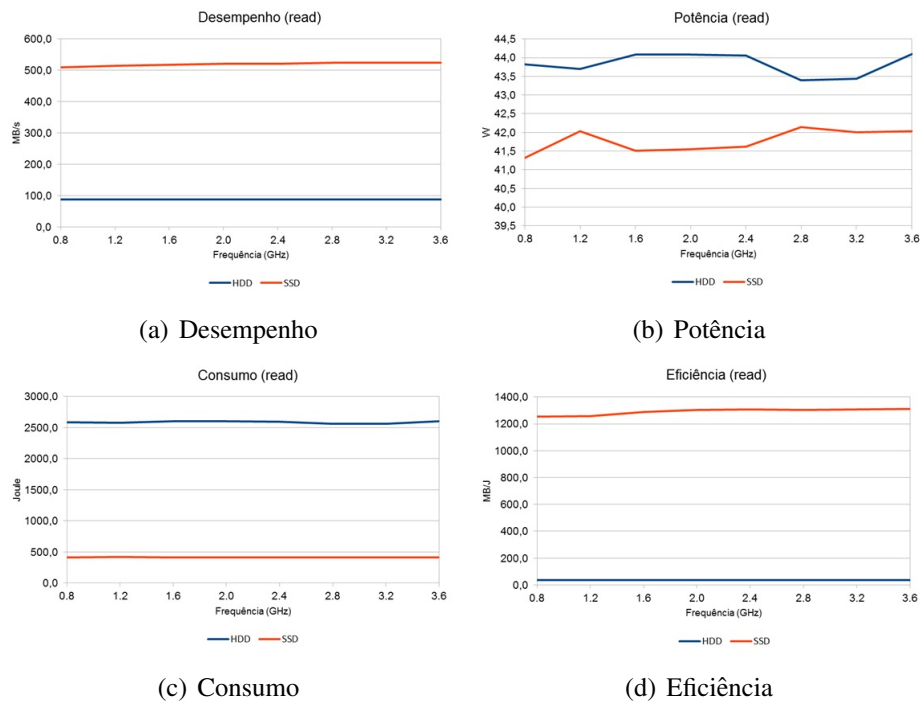


Figura 1. Resultados dos testes de Leitura.

¹Para estes trabalho, foi desativada a tecnologia *Intel Turbo Boost*, assim a frequência máxima de operação do processador foi de 3,6 GHz.

O desempenho mensurado no SSD em operações de leitura foi em média 5,98 vezes maior que o alcançado com discos HDD. Utilizando HDD, a taxa de transferência foi em média de 86,8 MB/s, enquanto que com SSD foi 519,3 MB/s. Nestas operações de leitura, o HDD teve uma demanda média de potência de 43,8 Watts enquanto que a demanda do SSD foi de 41,8 Watts. Assim, o consumo médio em operações de leitura foi de 2585,6 Joules com HDD, e de apenas 411,9 Joules com SSD. Ou seja, uma substituição de discos HDD por SSD representa uma redução de até 6,28 vezes no consumo total de energia.

Na Figura 2 são apresentados os resultados dos testes com o benchmark FIO em operações de escrita.

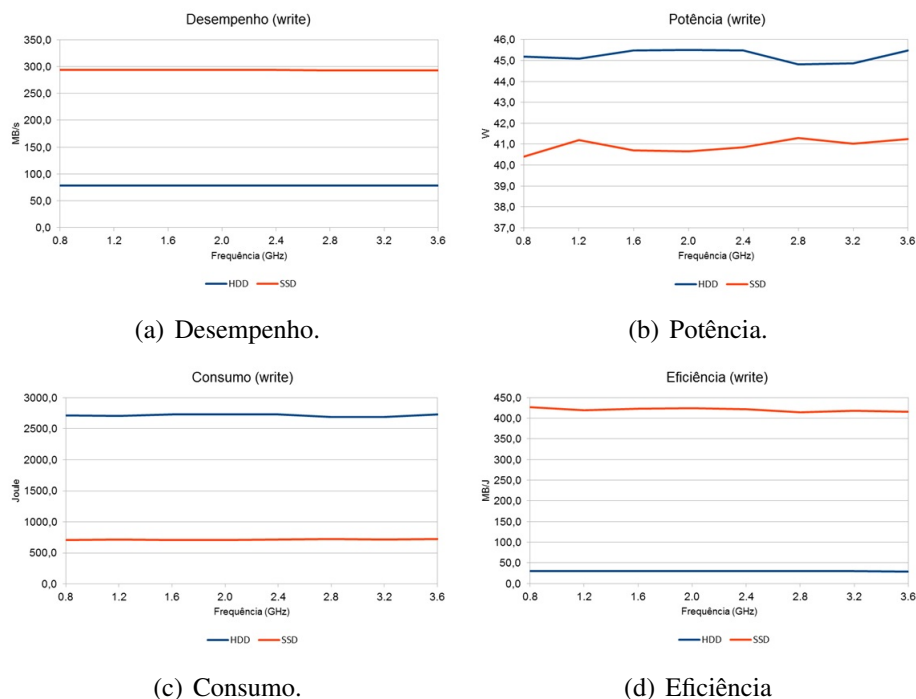


Figura 2. Resultados dos testes de Escrita.

Nas operações de escrita, o desempenho mensurado com SSD foi em média 3,73 vezes maior que o HDD. A taxa de transferência em média alcançada com HDD foi de 78,7 MB/s, enquanto que com SSD foi 293,3 MB/s. Nas operações de escrita, o SSD teve um demanda de potência 9,51% menor que o HDD. Enquanto que o HDD demandou em média de 45,2 Watts, o SSD demandou 40,9 Watts. Da mesma forma, em operações de escrita o SSD consumiu menos energia. Nos testes com SSD, o consumo foi de 714,3 Joules, enquanto que com HDD foi 2715,8 Joules, o que equivale a uma economia de 3,80 vezes.

Em ambos os testes, leitura e escrita, a variação de frequência do processador não apresentou impacto no desempenho e na demanda de potência.

5. Conclusões e trabalhos futuros

Os processadores e os dispositivos de armazenamento são os maiores responsáveis pelo consumo de energia dos sistemas de HPC. Assim alguns trabalhos têm adotado dispositivos SSD para armazenamento, uma vez que eles possuem desempenho superior aos discos HDD.

Considerando os resultados alcançados neste trabalho, percebe-se que a variação de frequência não apresentou impacto significativo nas operações de escrita e leitura. No entanto, percebe-se que o SSD apresentou melhor desempenho tanto nos testes de leitura quanto escrita.

Analisado a eficiência energética de operações de leitura, os testes com SSD foram 37,56 vezes mais eficientes que com HDD. Utilizando HDD alcançou-se 34,4 MB/J enquanto que com SSD foi 1291,1 MB/J. O mesmo acontece com operações de escrita. SSD foi 14,17 vezes mais eficiente alcançando 420,5 MB/J enquanto que com HDD foi de 29,5 MB/J.

Como trabalhos futuros, pretende-se realizar testes com operações de leitura e escrita aleatória com variação de frequência. Também pretende-se desenvolver pesquisas com outras arquiteturas de processadores, como por exemplo arquiteturas ARM e arquiteturas Intel Xeon Phi, além da possibilidade de utilizar sistema de arquivos diferentes.

Referências

- Carrera, E. V., Pinheiro, E., and Bianchini, R. (2003). Conserving disk energy in network servers. In *Proceedings of the 17th annual international conference on Supercomputing*, pages 86–97. ACM.
- Gurumurthi, S., Sivasubramanian, A., Kandemir, M., and Franke, H. (2003). Drpm: dynamic speed control for power management in server class disks. In *Computer Architecture, 2003. Proceedings. 30th Annual International Symposium on*, pages 169–179. IEEE.
- Hosseinimotlagh, S., Khunjush, F., and Hosseinimotlagh, S. (2014). A cooperative two-tier energy-aware scheduling for real-time tasks in computing clouds. In *Parallel, Distributed and Network-Based Processing (PDP), 2014 22nd Euromicro International Conference on*, pages 178–182. IEEE.
- Lee, W. Y. (2009). Energy-saving dvfs scheduling of multiple periodic real-time tasks on multi-core processors. In *Proceedings of the 2009 13th IEEE/ACM International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications*, pages 216–223. IEEE Computer Society.
- Peraza, J., Tiwari, A., Laurenzano, M., Carrington, L., and Snaveley, A. (2013). Pmac's green queue: a framework for selecting energy optimal dvfs configurations in large scale mpi applications. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 28(2):1–20.
- Review, S. (2017). Fio - teste de e/s flexível benchmark sintético. http://www.storagereview.com/fio_flexible_i_o_tester_synthetic_benchmark.
- Younge, A. J., Von Laszewski, G., Wang, L., Lopez-Alarcon, S., and Carithers, W. (2010). Efficient resource management for cloud computing environments. In *Green Computing Conference, 2010 International*, pages 357–364. IEEE.
- Zhu, Q., Chen, Z., Tan, L., Zhou, Y., Keeton, K., and Wilkes, J. (2005). Hibernator: helping disk arrays sleep through the winter. In *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, volume 39, pages 177–190. ACM.