

Análise de viabilidade do uso de dispositivos SSD e MPSoC em servidores de armazenamento de sistemas HPC *

Pablo J. Pavan¹, Ricardo K. Lorenzoni¹, Edson L. Padoin^{1,2},
Francieli Z. Boito³, Philippe O. A. Navaux²

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

{pablo.pavan, ricardo.lorenzoni, padoin}@unijui.edu.br

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

navaux@inf.ufrgs.br

³Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Florianópolis - SC - Brasil

francieli.boito@posgrad.ufsc.br

Resumo. Este artigo apresenta uma análise da demanda de potência e do consumo energético em operações de E/S utilizando equipamentos MPSoC. O objetivo é analisar a viabilidade da utilização destes dispositivos em servidores de arquivos de sistemas HPC. Os resultados mostraram que o consumo total de energia dos discos HDDs e SSDs com o equipamento MPSoC foi 3,67 e 3,77 vezes menor do que o mensurado com PC.

1. Introdução

A necessidade de aumento da capacidade de processamento para sistemas de alto desempenho foi acompanhada pelo incremento da demanda de potência desses sistemas. De modo similar em *data centers*, isso ocorre pelo crescimento expressivo da quantidade de informações geradas e utilizadas pelas aplicações. Essa elevada demanda de energia faz com que a comunidade de computação de alto desempenho (HPC) busque novas alternativas para futuros sistemas de escala exaflops. Nesse sentido o relatório do DARPA sugere um limite de 20 MW de demanda de potências para esses futuros sistemas [Kogge et al. 2008].

As unidades de processamento são as maiores responsáveis pelo consumo de energia dos sistemas de HPC. Com esta premissa, pesquisadores buscam alternativas para reduzir este consumo, sendo que algumas destas pesquisas buscam utilizar arquiteturas de baixa potência, substituindo processadores convencionais por processadores *Advanced RISC Machine* (ARM). Estes processadores apesar do menor desempenho, propiciam uma melhor eficiência energética para algumas aplicações [Padoin et al. 2014].

Entretanto, as unidades de processamento não são as únicas responsáveis pelo consumo energético dos sistemas HPC, assim, operações de entrada e saída (E/S) representam boa parte deste consumo energético. Buscando reduzir este consumo, outras pesquisas adotam dispositivos *Solid State Drive* (SSD) para utilizar com armazenamento em sistemas HPC, motivados pelo seu desempenho superior aos discos rígidos [Welch and Noer 2013].

*Trabalho parcialmente apoiado por CNPq, CAPES, FAPERGS e FINEP. Pesquisa realizada no contexto do Laboratório Internacional Associado LICIA e tem recebido recursos do programa EU H2020 e do MCTI/RNP-Brasil sob o projeto HPC4E de número 689772.

A fim de avaliar a viabilidade dessa ideia, o presente artigo apresenta um comparativo de eficiência energética entre um computador com processador tradicional e um *Multi-Processor System-on-Chip* (MPSoC) com um processador ARM. Essa avaliação inclui discos rígidos (HDDs) e dispositivos de estado sólido (SSDs) para o armazenamento.

O restante do trabalho está organizado da seguinte forma. A Seção 2 discute trabalhos relacionados. A Seção 3 descreve o método experimental e os ambientes utilizados. Resultados são discutidos na Seção 4, seguidos das conclusões e trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Diversos trabalhos da literatura focam no consumo energético de operações de E/S pois elas correspondem à maior parte do tempo de execução de muitas aplicações. No passado, pesquisadores exploraram a utilização de discos de múltiplas velocidades para servidores de armazenamento [Carrera et al. 2003, Zhu et al. 2005].

[Welch and Noer 2013] combinam dispositivos de armazenamento baseados em flash (SSDs) com discos rígidos para prover armazenamento com menor consumo energético. Isso é alcançado utilizando os dispositivos mais rápidos como uma cache para os discos rígidos.

O consumo de energia é um dos principais problemas para o desenvolvimento da próxima geração de supercomputadores. Pesquisas buscam avaliar o consumo de energia de processadores de baixo consumo. [McKenney et al. 2013] atingiu um ganho de eficiência energética de 10% em sistemas Mobile utilizando Cortex-A15.

[Ou et al. 2012] comparou ARM e clusters baseados em Intel Nehalem para web services, e concluiu que ARM proporciona na media uma eficiência energética de 1.3 vezes melhor e é capaz de ter uma performance melhor do que o Intel em alguns cenários.

3. Ambiente de Teste

Dois ambientes foram utilizados para esse trabalho. O primeiro, chamado de PC, é um computador tradicional com um processador Intel Core2Duo modelo E8400 com frequência de clock de 3.0 GHz. Esse processador possui cache L2 de 6 MB e memórias cache L1 de instruções de 32 KB e memórias cache L1 de dados de 32 KB. O equipamento possui 6 GB de RAM com frequência de 800 MHz.

O segundo ambiente é um MPSoC CubieTruck com um SoC A20 fabricado pela AllWinnerTech e uma dual GPU MALI400 MP2, chamado de MPSoC. O processador é um Dual Core ARM Cortex-A7 de 960 MHz. Possui 64 KB de cache L1 e 1024 KB de cache L2. Este equipamento possui 2 GB de RAM com frequência de 480 MHz.

A fim de cobrir diferentes características foram utilizados quatro dispositivos de armazenamento, dois SSDs e dois HDDs (Tabela 1). Em todos os experimentos foi utilizada a interface SATA II, suportada pelas duas arquiteturas e por todos os dispositivos.

O benchmark utilizado para os testes foi o IOzone¹, escolhido por ser amplamente aplicado e por permitir a descrição de diversos padrões de acesso. Os experimentos foram realizados em cada uma das configurações *sem* o uso da buffer cache, com o padrão de acesso *leitura sequencial*. Outro parâmetro avaliado nos testes foi o tamanho das requisições. Neste caso, foi utilizado 4 MB. Todos os testes acessam 2 GB de dados.

¹Disponível em <http://www.iozone.org/>

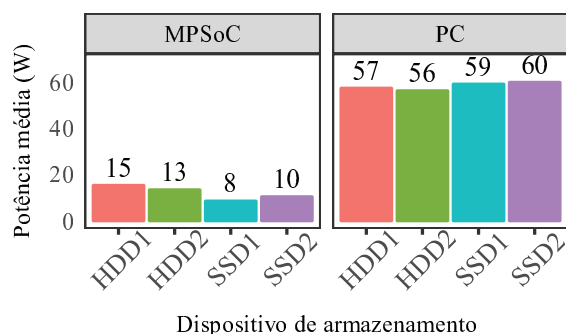
Tabela 1. Dispositivos de Armazenamento Utilizados

| | Tipo | Fabricante | Capacidade (GB) | RPM | Especificações Fabricante | |
|-------------|------|-----------------|-----------------|------|---------------------------|--------------|
| | | | | | Tensão (VDC) | Corrente (A) |
| HDD1 | HDD | Western Digital | 160 | 5400 | 5 | 0,55 |
| HDD2 | HDD | Seagate | 500 | 7200 | 5 | 0,45 |
| SSD1 | SSD | Samsung | 240 | - | 5 | 0,50 |
| SSD2 | SSD | Kingston | 120 | - | 5 | 1,00 |

Para medição de potência foi utilizado o equipamento Dranetz PP-4300, que mensura tensão e corrente alternada (CA) de todo o equipamento.

4. Resultados

Observando a demanda de potência das configurações testadas (Figura 1), percebe-se que o MPSoC possui uma demanda média de potência de 11,5 W, enquanto que o PC possui uma demanda média de 58 W. Ou seja, com a substituição PC pelo equipamento MPSoC consegue-se reduzir em até 5,04 vezes a demanda de potência. Nos testes realizado, não foram observados diferenças significativas de demanda de potência quando utilizado diferentes padrões de acesso. Entretanto, é importante notar que o padrão de acesso tem impacto no tempo de execução e, portanto, a energia total consumida durante a execução.

**Figura 1. Potência média observada durante os experimentos**

Quando analisado o tempo de execução, percebe-se os discos rígidos no MPSoC foram em média 6,45%, mais lentos do que o PC (Tabela 2). Nos testes com discos SSDs essa diferença de tempo aumenta ainda mais. Os discos SSDs no MPSoC foram 59,37%, mais lentos que os testes com o PC. Tais diferenças são justificadas pela velocidade dos discos HDDs que são menores do que dos SSDs. Assim, o acesso ao dispositivo é o limitante no tempo de execução e, por sua vez, impacta no tempo de execução. Entretanto, deve-se levar em consideração se esta diferença de tempo é ou não compensada pela diferença de demanda de potência.

| Equipamentos | MPSoC | | | PC | | |
|--------------|-----------|----------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | Power (W) | Tempo(s) | Energia (J) | Power (W) | Tempo(s) | Energia (J) |
| HDD1 | 15,26 | 38,29 | 584,30 | 57,99 | 33,54 | 1944,98 |
| HDD2 | 13,65 | 25,22 | 344,25 | 56,24 | 26,12 | 1468,98 |
| SSD1 | 8,66 | 11,89 | 102,96 | 59,24 | 7,88 | 466,81 |
| SSD2 | 10,95 | 14,63 | 160,19 | 60,01 | 8,76 | 525,68 |

Tabela 2. Resultados dos testes com as diferentes configurações

A energia consumida em Joules (J) por um experimento é obtida multiplicando-se a potência média (W) pelo tempo de execução (segundos). Assim, comparando o consumo total de energia nos testes realizados, nota-se que os discos HDDs e SSDs gastaram 3,67 e 3,77 vezes menos energia quando utilizados com o equipamento MPSoC. Destaca-se o SSD1 com o equipamento MPSoC que apresentou o menor consumo de energia, 102,96 Joules.

5. Conclusão

Este artigo apresentou uma análise de demanda de potência, tempo de execução e consumo total de energia entre uma arquitetura de baixa demanda de potência (MPSoC) e outra arquitetura tradicional com o uso de diferentes discos de armazenamento. Realizando testes em diferentes configurações percebe-se que é possível reduzir o consumo total de energia em até 3,7 quando utilizado MPSoC.

Como trabalhos futuros pretende-se expandir a análise apresentada a outros modelos de equipamentos e de dispositivos de armazenamento. Além disso, pretende-se avaliar ambientes distribuídos em que múltiplos servidores de baixa potência oferecem armazenamento.

Referências

- Amur, H., Cipar, J., and Gupta, V. (2010). Robust and Flexible Power-Proportional Storage. *Proceedings of the 1st ACM symposium on Cloud computing*, pages 217–228.
- Carrera, E. V., Pinheiro, E., and Bianchini, R. (2003). Conserving disk energy in network servers. *Proceedings of the 17th annual international conference on Supercomputing - ICS '03*, page 86.
- Kogge, P., Bergman, K., Borkar, S., Campbell, D., Carson, W., Dally, W., Denneau, M., Franzon, P., Harrod, W., Hill, K., et al. (2008). Exascale computing study: Technology challenges in achieving exascale systems. pages 1–297.
- McKenney, P. E., Eggeman, D., and Randhawa, R. (2013). Improving energy efficiency on asymmetric multiprocessing systems. Technical report.
- Ou, Z., Pang, B., Deng, Y., Nurminen, J., Yla-Jaaski, A., and Hui, P. (2012). Energy-and Cost-Efficiency Analysis of ARM-based Clusters. In *12th IEEE/ACM Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid)*, Ottawa, Canada.
- Padoin, E. L., Pilla, L. L., Castro, M., Boito, F. Z., Navaux, P. O. A., and Mehaut, J.-F. (2014). Performance/energy trade-off in scientific computing: The case of ARM big.LITTLE and Intel Sandy Bridge. *IET Computers & Digital Techniques*, 2(3):1–14.
- Welch, B. and Noer, G. (2013). Optimizing a hybrid SSD/HDD HPC storage system based on file size distributions. In *2013 IEEE 29th Symposium on Mass Storage Systems and Technologies (MSST)*, pages 1–12.
- Zhu, Q., Chen, Z., Tan, L., Zhou, Y., Keeton, K., and Wilkes, J. (2005). Hibernator: helping disk arrays sleep through the winter. *Proceedings of the twentieth ACM symposium on Operating systems principles - SOSP '05*, 39:177.