

Avaliação do Consumo Energético de processadores ARM em Sistemas de Arquivos Paralelos

Vinícius Rodrigues Machado¹, Amanda Binotto Braga¹, Natália Gubiani Rampon¹
Francieli Zanon Boito², Jean Luca Bez¹, Edson Luiz Padoin³, Philippe O.A. Navaux¹

¹Instituto de Informática
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Porto Alegre – RS – Brasil

{vrmachado, abbraga, ngrampon, jlbez, navaux}@inf.ufrgs.br

²Departamento de Informática e Estatística
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis – SC – Brasil

francieli.boito@posgrad.ufsc.br

³Departamento de Ciências Exatas e Engenharias
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI)
Ijuí – RS – Brasil

padoin@unijui.edu.br

Resumo. *Nesse artigo, analisa-se a viabilidade de usar arquiteturas de baixa potência como servidores de sistemas de arquivos paralelos, já que o poder de processamento é menos importante para esses servidores. É apresentado um estudo sobre a eficiência energética desses servidores, comparando-os com arquiteturas comuns. Demonstra-se que o uso da alternativa de baixa potência pode economizar até 85% de energia sem comprometer o desempenho.*

1. Introdução

Aplicações científicas, como simulações sísmicas e climáticas, trazem requisitos de desempenho elevados para o campo de *High Performance Computing* (HPC). Esses requisitos justificam o desenvolvimento de plataformas de alto desempenho em larga escala cada vez maiores. Esse poder de processamento traz consigo um grande custo de energia. Assim, o consumo de energia se tornou uma preocupação fundamental para HPC.

Uma alternativa que vem sendo estudada é o uso de arquiteturas de baixa potência, onde trocam-se os processadores comuns, que priorizam o desempenho, por processadores *Advanced RISC Machines* (ARM) [Rajovic et al. 2014]. Apesar de fornecerem um desempenho menor, essas arquiteturas fornecem uma eficiência maior para algumas classes de aplicações científicas [Padoin et al. 2014].

As unidades de processamento são responsáveis pela maior parte da demanda de energia em sistemas computacionais comuns. Ainda assim, a diferença entre as velocidades de processamento e as velocidades de acesso aos dados faz com que muitas aplicações passem a maior parte do seu tempo de execução realizando operações de entrada e saída (E/S) [Chandrasekar et al. 2015, Orgerie et al. 2013]. Portanto, aumentar a eficiência energética do subsistema de E/S também é importante para enfrentar o desafio de energia e potência.

No cenário de HPC, as operações de E/S geralmente são feitas no sistema de arquivos paralelo (PFS). O PFS é distribuído a um conjunto de máquinas que operam como servidores de dados. Esses servidores recebem requisições dos nós de processamento e executam essas acessando dispositivos de armazenamento. Portanto, a capacidade de processamento dessas máquinas não é o aspecto mais relevante, devido à alta quantidade de tempo dedicada a operações de E/S. Logo, o papel desses servidores poderia ser executado por arquiteturas de baixa potência, a fim de uma eficiência energética melhor.

Nesse artigo, o consumo de energia e o desempenho desses servidores de baixa potência são avaliados. Compara-se um servidor de baixa potência com um servidor comum para apontar o impacto da adoção.

2. Metodologia

Esta seção descreve a metodologia seguida para alcançar os objetivos desta pesquisa. As máquinas de baixa potência escolhidas são duas CubieTrucks [Cubieboard] idênticas, cada uma equipada com um processador A20 dual-core ARM Cortex-A7 desenvolvido pela Allwinner, rodando em uma frequência de 1GHz. Cada máquina possui 2GB de memória RAM e 8GB de memória NAND. Foram utilizados dois SSDs 840 Series MZ-7TD500BW da Samsung como dispositivos de armazenamento.

Essa arquitetura de baixa potência foi comparada com uma arquitetura comum, nesse caso um computador equipado com um processador Intel i5-4460 rodando à 3.2GHz e com 8GB de memória RAM. Essa máquina, chamada de PC, foi escolhida para conduzir experimentos em ambas arquiteturas com metodologias similares. O mesmo SSD e o mesmo equipamento para medições de energia foram utilizados em ambas arquiteturas, evitando particularidades eventuais dos discos e de possíveis problemas de medição. Todas as máquinas utilizaram Linux, kernel 4.40-38 no PC e 3.7.61+ nas CubieTrucks. Em ambas as arquiteturas, os discos foram montados com o sistema de arquivos local *ext4*.

As medições de energia foram obtidas com um medidor de energia P4460 Kill A Watt EZ, que possui uma precisão (de acordo com o fabricante) de 0.5% e uma taxa de atualização de um segundo. Experimentos com as Cubietrucks consideram que ambas as placas estão rodando as mesmas operações simultaneamente.

Todos os testes foram repetidos cinco vezes em ambas as arquiteturas. O teste Kolmogorov-Smirnov [Lilliefors 1967] foi aplicado nos resultados de cada experimento para testar se as amostras de tempo e potência seguem uma distribuição normal. Como os resultados não seguem uma distribuição normal, utiliza-se medianas e não se utiliza barras de erro.

Como a CubieTruck só funciona com um kernel do Linux modificado, não foi possível instalar um PFS típico, como o OrangeFS [Dell 2012]. Portanto, um código MPI foi utilizado para emular a atividade de um servidor de dados de um PFS. Essa emulação consiste em receber requisições e executar as operações adequadas ao dispositivo de armazenamento local. Além disso, desejava-se isolar dessa análise os efeitos da rede e dos nós de processamento. Essa escolha foi feita para que se focasse individualmente no consumo e desempenho de cada servidor, ignorando o resto do sistema. Assim, ao invés de receber requisições pela rede, os servidores obtêm essas por meio de arquivos de rastro.

Arquivos de rastros sintéticos foram criados para emular o ponto de vista do ser-

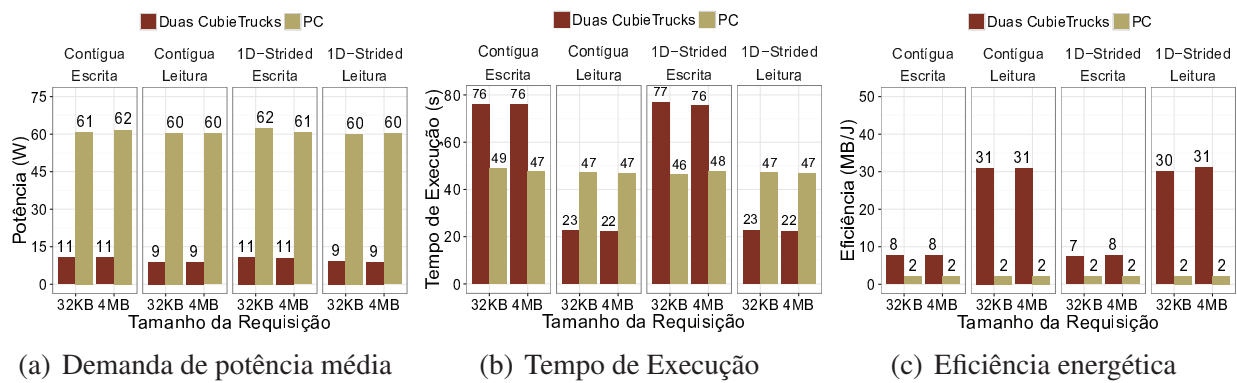


Figura 1. Resultados observados durante a execução dos testes

vidor de dados, com um único processo cliente acessando o PFS com padrões de acessos diferentes. Várias instâncias do emulador foram executadas ao mesmo tempo – com arquivos de rastros diferentes – para haver o efeito de múltiplos clientes acessando o mesmo servidor concorrentemente.

Os padrões de acesso testados – com dois processos concorrentes – incluem testes de leitura e escrita, contíguos ou com espacialidade *1D-strided* e requisições pequenas (32KB) ou grandes (4MB). Cada teste acessa um arquivo de 6GB (3GB por processo) de cada servidor. Logo, utilizar um tamanho de requisição maior implica em um número menor de requisições.

3. Resultados

Esta seção discute os resultados obtidos pela metodologia detalhada na seção anterior. A Figura 1(a) mostra a demanda de potência média observada durante a execução dos testes. Esses valores são obtidos por meio da média aritmética das medições de potência instantânea de cada teste. A figura é separada pela espacialidade de acesso (contígua ou 1D-strided) e operação (leitura ou escrita). Cada gráfico contém resultados para dois tamanhos de requisição (32KB ou 4MB) e para ambos os equipamentos: resultados com as duas CubieTrucks em vermelho e com o PC em dourado.

É notável que o tamanho da requisição e a espacialidade de acesso não possuem um impacto significativo na demanda de potência. Entretanto, os testes de escrita possuem uma demanda de potência maior do que os testes de leitura. A demanda de potência para testes de escrita é 23% (aproximadamente 2W) maior nas CubieTrucks e 7% (aproximadamente 4W) no PC. Comparado com o PC, as duas CubieTrucks possuem uma demanda de potência 82% menor para testes de escrita. A diferença para testes de leitura é de 85%.

A Figura 1(b) mostra o tempo de execução de cada um dos testes. Pode-se observar que a espacialidade do acesso e o tamanho da requisição não possuem impacto significativo nos tempos. Comparado com o PC, as duas CubieTrucks demoram 60% a mais em testes de escrita e são 52% mais rápidas nos testes de leitura.

Utiliza-se a métrica bytes por Joule para quantificar a eficiência energética. Essa métrica é adequada para esta discussão porque ela reflete ambos o desempenho e a eficiência energética. A Figura 1(c) mostra a eficiência energética em MB/J das duas arquiteturas, separadas pelo tamanho da requisição e pelo tipo de operação. Novamente, nota-se que o tamanho da requisição não interfere nos resultados. Também pode-se ob-

servar que **as CubieTrucks oferecem uma eficiência energética maior**. O uso de duas CubieTrucks **aumenta a eficiência por 1437% para testes de leitura e por 287% em testes de escrita**.

4. Conclusão

Esse artigo apresentou uma avaliação sobre a substituição de servidores de sistemas de arquivos paralelos por arquiteturas de baixa potência, considerando padrões de acesso representativos.

Os resultados apresentados indicam que substituir um servidor de dados comum por duas CubieTrucks reduziria o consumo de energia por 85% em cargas de trabalho de leitura intensiva. Também é possível utilizar dois servidores de baixa potência para substituir um servidor comum e reduzir o consumo em 82% em cargas de trabalho com escrita intensiva.

Como trabalho futuro, pretende-se avaliar aplicações científicas, com padrões de acessos distintos. Além disso, serão avaliados cenários incluindo a rede e mais clientes concorrentes.

5. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Aishameriane Schmidt, da Universidade Federal de Santa Catarina, pela ajuda com a análise estatística. Também gostariam de agradecer ao Rodrigo Kassick, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo código utilizado para simular as atividades do sistema de arquivos.

Referências

- Chandrasekar, R. R., Venkatesh, A., Hamidouche, K., and Panda, D. K. (2015). Power-check: An energy-efficient checkpointing framework for HPC clusters. In *Proceedings - IEEE/ACM 15th International Symposium on Cluster, Cloud, and Grid Computing, CCGrid 2015*, pages 261–270. IEEE.
- Cubieboard. <http://cubieboard.org/model/>. Acessado em Dezembro de 2016.
- Dell (2012). Orangefs reference architecture. Technical report.
- Lilliefors, H. W. (1967). On the kolmogorov-smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, 62(318):399–402.
- Orgerie, A.-C., Dias de Assuncao, M., and Lefevre, L. (2013). A Survey on Techniques for Improving the Energy Efficiency of Large Scale Distributed Systems. *ACM Computing Surveys*, pages 1–35.
- 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.
- Rajovic, N., Rico, A., Puzovic, N., Adeniyi-Jones, C., and Ramirez, A. (2014). Tibidabo1: Making the case for an ARM-based HPC system. *Future Generation Computer Systems*, 36:322–334.