

ESTUDO COMPARATIVO: IPMI E MULTÍMETRO COMO FERRAMENTAS DE MEDIÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO DE APLICAÇÕES PARALELAS

BRUNO GIACOBO PINTO¹; LUCAS MENDONÇA DE SOUZA XAVIER²;
 GERSON GERALDO HOMRICH CAVALHEIRO³;

¹Universidade Federal de Pelotas – bgpinto@inf.ufpel.edu.br

²Universidade Federal de Pelotas – lmdsxavier@inf.ufpel.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas – gerson.cavalheiro@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Diante da crescente preocupação com o uso eficiente de recursos energéticos, seja por parte da indústria, seja por parte da academia, projetar softwares e sistemas que contemplem esta demanda se faz vital. Considere, por exemplo, sistemas de alto desempenho, como clusters, onde podem ocorrer casos em que aproximadamente 50% da energia total consumida é utilizada somente para resfriar o hardware (SAROOD, 2011), ou a recente explosão da computação móvel, representada pelos smartphones, onde o uso eficiente da bateria é indispensável em função de sua autonomia restrita. O estudo de técnicas para redução de consumo energético no projeto de software é cada vez mais presente e relevante, visto que o consumo ineficiente de recursos implica em custos altíssimos para indústria. Alcançar economia energética, porém, não é uma tarefa trivial. Para auxiliar na construção de softwares energeticamente eficientes existem várias ferramentas de programação, algumas citadas neste trabalho, como Anahy-3 (ARAUJO, 2013) e xKaapi (GAUTIER, 2007), que visam tirar o máximo proveito do hardware utilizado. Existem, também, ferramentas que auxiliam na análise e avaliação do consumo energético, que é o foco deste trabalho. Estas ferramentas utilizam técnicas que podem ser classificadas, basicamente, em dois modelos (LAOPAOLOS, 2003): técnicas baseados em simulações (requerem conhecimento prévio do hardware) utilizando estimativas dos custos energéticos em nível de instrução e técnicas baseados em medições.

Este trabalho apresenta um estudo sobre ferramentas para medir o consumo energético de aplicações programadas em paralelo, com foco principal em comparar duas ferramentas específicas que utilizam o modelo baseado em medições. As ferramentas analisadas neste trabalho são: Intelligent Platform Manager Interface (IPMI) e um multímetro EZA. A abordagem utilizada reproduz a validação já feita sobre a análise energética do ambiente de execução Anahy-3 (ARAUJO, 2013), utilizado-a como modelo base, porém busca avaliar a eficiência energética deste ambiente utilizando uma outra arquitetura e uma ferramenta alternativa – A interface de software IPMI, que opera em arquiteturas NUMA (Non-Uniform Memory Access).

O multímetro EZA, modelo EZ-735, foi utilizado como métrica base, visto que este é um dispositivo físico especializado em medir consumo energético. IPMI é uma interface projetada para gerenciar e padronizar tarefas de servidores de

grande porte de forma robusta, segura e independente, estando disponível em servidores dos principais fornecedores de processadores, Intel e AMD. A interface IPMI opera sobre um microcontrolador chamado Baseboard Management Controller (BMC), por meio de requisições, obtendo informações e enviando comandos para o hardware. Em suma, o IPMI é um conjunto de aplicativos (IPMI tools) que acessa um microcontrolador para obter informações e enviar comandos para o hardware do servidor, e é através destas informações obtidas que podemos medir o consumo energético utilizando esta ferramenta.

2. METODOLOGIA

As especificações da máquina utilizada para este trabalho são: processador Intel Xeon E5620, 6GB de memória por nodo, 500GB de disco rígido e sistema operacional SUSE GNU Linux SP11. Vale ressaltar aqui a primeira diferença entre este trabalho e o trabalho base (ARAUJO, 2013), pois a máquina citada utiliza uma arquitetura NUMA (Non-Uniform Memory Access).

Foram feitas comparações de resultados obtidos de uma série de medições do consumo energético de dois benchmarks. As aplicações utilizadas para estressar o sistema foram o algoritmo de combinação, em sua forma recursiva, e o algoritmo Smith-Waterman, para alinhamento local de sequências de nucleotídeos, programados em dois ambientes de programação diferentes: Anahy-3 (ARAUJO, 2013) e xKaapi (GAUTIER, 2007).

Tal abordagem busca validar o multímetro como métrica base, apresentar o IPMI como uma ferramenta alternativa para medir consumo energético e mostrar a eficiência dos ambientes de programação utilizados para implementar os benchmarks.

Para realizar as medições, foram feitos dois scripts (em linguagem shell script) com a finalidade de coletar os dados remotamente via rede. Sendo assim, o script remoto acionava o script servidor para executar o benchmark, enquanto este coleta e calcula o consumo de energia delegando comandos à interface IPMI. O primeiro benchmark faz o cálculo da combinação 25 12 (calcula a combinação de 25 elementos de um conjunto arranjados em 12 subconjuntos) e o segundo faz o alinhamento de 250 sequências de nucleotídeos em uma matriz 100 x 100 blocos, seguindo a validação do trabalho anterior já citado. Após 30 execuções de cada benchmark, a média de potência consumida em Watts é calculada e multiplicada pela média dos tempos de execução do benchmark, obtendo-se assim o consumo energético total do benchmark em Joules. O mesmo procedimento foi realizado com o multímetro, onde este entra no lugar do IPMI para a coleta remota do consumo da aplicação, visando manter a coerência e validar a comparação das ferramentas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gráficos das Figuras 1 e 2 apresentam o resultado da comparação entre as ferramentas IPMI e multímetro para cada benchmark, e explicitam um comportamento interessante: o consumo total de cada benchmark medido pelas ferramentas tem resultados muito aproximados. Tal comportamento se deve ao fato de o IPMI se utilizar de um microcontrolador específico, e é interessante por que o comportamento do multímetro já é conhecido como ferramenta de medição,

já o comportamento do IPMI como ferramenta de medição, não. Em relação ao estudo base, foram feitas mudanças na forma das medições, principalmente devido ao fato de se utilizar outra arquitetura e outra ferramenta. A figura 3 ilustra como foram realizados os testes no trabalho anterior, onde a sincronização era feita manualmente e havia a necessidade de se utilizar dois multímetros e dois computadores para coletar os resultados. A sincronização neste trabalho utilizando IPMI, foi feita de forma remota através de scripts, o que torna a leitura dos dados mais precisa e rápida, visto que o IPMI tem uma taxa de atualização de 20 vezes por segundo (o multímetro tem uma taxa de atualização de 3 vezes por segundo). Este método, porém, é invasivo e introduz um overhead na coleta dos resultados, dada a necessidade de se utilizar um script no servidor no momento da execução do benchmark. Para trabalhos futuros, pretende-se estender os casos de testes e comparará-los com uma análise similar da interface APM (Application Power Management) da AMD.

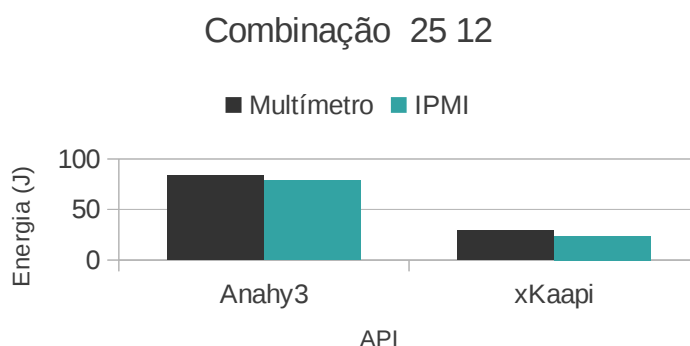


Figura 1 – Energia total dissipada em Joules pela versão recursiva do algoritmo de combinação.

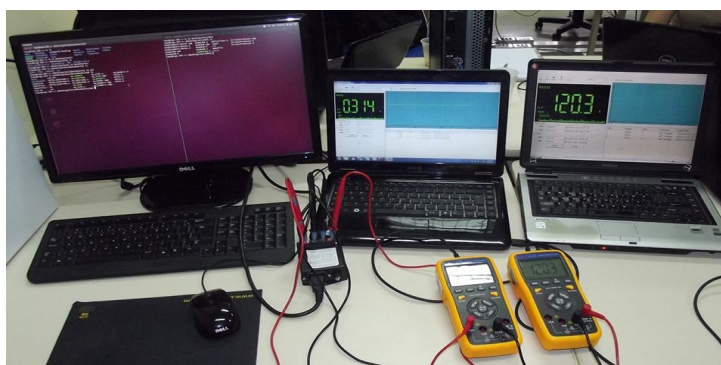
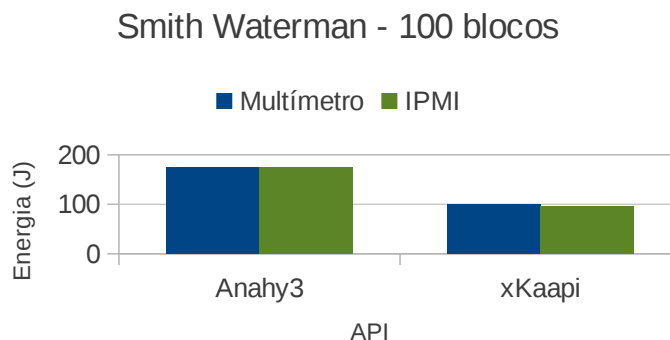


Figura 3 – Método de medição do trabalho anterior.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta duas ferramentas diferentes para métrica de energia, uma baseada na utilização de um hardware externo e outra na utilização de serviços de software providos pelo próprio processador, e as compara. É interessante notar que, dadas as proximidades nos resultados das ferramentas avaliadas, pode-se considerar a interface IPMI equivalente ao multímetro para medição de energia. As duas ferramentas apresentam algumas limitações, como a lenta taxa de atualização de leitura do multímetro, o fato de o IPMI estar disponível apenas em hardwares de servidores e a leitura dos resultados ser feita de forma invasiva. Pode-se notar também, que na comparação realizada entre as ferramentas de programação (Anahy-3 e xKaapi), pode-se fazer melhorias no ambiente Anahy-3 para que ele seja otimizado para a arquitetura NUMA, visto que o xKaapi obteve melhores índices de economia de energia nesta arquitetura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Intel. **IPMI Overview, Progress and Implementation**. September 16, 1998. Acessado em 18 jun. 2013. Online. Disponível em: <http://www.intel.com/content/www/us/en/servers/ipmi/ipmi-overview.html>

SAROOD, O.; KALE, L.V. A 'Cool' Load Balancer for Parallel Applications. **SC 2011**.

GAUTIER, T.; BESSERON, X.; PIGEON, L. Kaapi: A thread scheduling runtime system for data flow computations on cluster of multiprocessors. In: **2007 INTERNATIONAL WORKSHOP ON PARALLEL SYMBOLIC COMPUTATION**, Waterloo, Canada, 2007, Proceedings.. New York: Association for Computing Machinery, 2007, p. 15-23.

LAOPOULOS, T.; NEOFOTISTOS, P.; KOSMATOPOULOS, C.; NIKOLAIDIS, S. Measurement of Current Variations for the Estimation of Software-related Power Consumption. **Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions**, v. 52, p. 1206 – 1212, 2003.

ARAÚJO, A.S. **Anahy-3: Um novo Ambiente de Execução Otimizado para Arquiteturas Multicore**. 2013. 74f. Trabalho Acadêmico (Graduação) – Bacharelado em Ciência da Computação, Universidade Federal de Pelotas.