



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

ESTUDO DO CONSUMO ENERGÉTICO EM DIFERENTES SISTEMAS COMPUTACIONAIS¹

Bruno Moka Muenchen², Raquel Eckhardt³, Ricardo Klein Lorenzoni⁴.

¹ Sub-projeto de pesquisa do projeto “Desenvolvimento de um Sistema para Detecção de Falhas On-line em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica”

² Bolsista PIBIC, aluno do curso de Ciência da Computação da Unijui

³ Aluna do curso de Ciência da Computação da Unijui

⁴ Aluno do curso de Informática: Sistemas de Informação da Unijui

Resumo

Visto o grande aumento do consumo de energia elétrica através da dissipação de energia térmica em sistemas computacionais e de limitações comumente impostas na criação de supercomputadores em relação ao consumo, torna-se necessário encontrar formas de aumentar a eficiência energética dos sistemas. Através de testes realizados em diferentes sistemas, como em arquiteturas x86, ARM, sistemas virtualizados e sistemas que utilizam arquitetura CUDA, foram feitas medições no consumo energético, com o intuito de comparar os resultados para ter-se uma ideia de qual caminho tem um futuro mais promissor quando se fala em eficiência energética. Para as medições utilizou-se um equipamento Dranetz Power Platform, modelo 4300, e foram realizados testes utilizando o Sistema Operacional Ubuntu 10.10, cujo qual é um sistema gratuito e estável, além de possuir versões para as diferentes arquiteturas, executando o software LU, que integra o sistema NAS Paralles Benchmarks.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Computação de Alto Desempenho; Arquiteturas Heterogêneas.

Introdução

Os sistemas computacionais apresentam um consumo cada vez maior, seja para a computação, seja para o resfriamento, sendo que nos últimos anos a eficiência energética destes sistemas não acompanhou a evolução do desempenho. Analisando esta questão em sistemas computacionais de grande escala como os data-centers, pode-se ter uma demanda significativa de energia, esta muitas vezes sendo desperdiçada, o que engloba não só questões financeiras como também ambientais. Além disso, objetiva-se a construção de sistemas com poder computacional cada vez maiores, com poder computacional de exascale – 10¹⁸ operações ponto flutuante por segundo. O projeto de tais sistemas estão limitados a um consumo de 20 MW de potência, tornando assim necessária a melhoria na eficiência energética dos sistemas atuais em 100 vezes [1].

Tendo por base esse cenário o projeto desenvolvido pelo Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) da UNIJUI tem como objetivo analisar o consumo de sistemas físicos e virtualizados, bem como realizar testes com diferentes arquiteturas de processadores,



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

principalmente aqueles com organização heterogênea – arquiteturas compostas por mais de um tipo de unidade de processamento, como sistemas multicore (CPU) e um processador gráfico (GPU) – no quesito consumo energético em relação ao seu poder computacional, podendo assim fazer um comparativo entre a eficiência energética dos diferentes sistemas estudados.

Metodologia

Para o primeiro conjunto de testes, o hardware utilizado foi um computador Intel Core 2 Duo E7400 com 2,80 Ghz de frequência, 4GB de memória RAM, HD de 160GB, placa-mãe PCWARE IPM31 e fonte ATX 300W. Para validação do consumo foi utilizado o software LU, integrante do NAS Parallels Benchmarks (NPB) versão 3.3.1, desenvolvido pela NASA[3], que é largamente utilizado com o propósito de medir e comparar o desempenho de sistemas paralelos. A sua função é simular uma aplicação CFD (Computational Fluid Dynamics) que usa o método SSOR (Symmetric Successive Over-Relaxation) para resolver sistemas lineares através da fatoração LU de matrizes [2]. O Sistema Operacional (SO) utilizado tanto no host quanto na máquina virtual foi o Ubuntu versão 10.10, com kernel 2.6.38-10. Optou-se este SO por se tratar de uma distribuição estável e sem custo e, para a virtualização, foi utilizado o VirtualBox, produto também Open Source fabricado pela Oracle. Para as medições de energia foi utilizado um Dranetz Power Platform, modelo 4300 [6], bem como a implementação de aplicativos consumidores de recursos computacionais. Foram realizados alguns testes tendo como objetivo:

1. Análise da tensão, corrente e potência da máquina física (host) com e sem a execução de máquinas virtuais;
2. Análise do consumo da execução do algoritmo LU no host;
3. Análise do consumo da execução do algoritmo LU na máquina virtual;

Também pretende-se realizar os mesmos testes em arquiteturas heterogêneas, como por exemplo CUDA e em arquitetura com processadores ARM.

Resultados e Discussão

Os resultados das medições e análises mostraram que embora o consumo de energia executando o algoritmo LU na máquina virtual foi cerca de 4,6% maior que quando executado diretamente no host, a relação entre a energia consumida pelos recursos do sistema e a energia desperdiçada em forma de energia térmica foi maior. Em outras palavras, a porcentagem da energia total gasta que foi realmente utilizada pelo sistema foi maior quando o algoritmo foi executado na máquina virtual, gerando relativamente menos calor e proporcionando uma maior eficiência energética do sistema.

Além disso, houve a diminuição do número de máquinas físicas que, por convenção, utilizariam o mesmo consumo energético para rodar aplicações que nem sempre chegam a saturar o sistema. Nos próximos testes será levada em conta a redução da frequência e da tensão. Teoricamente, o que se pode esperar da primeira é uma implicação da diminuição linear do consumo, mas provocará um aumento no tempo de execução de tarefas. Como



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

trabalhos futuros serão realizados testes com equipamentos que utilizam a arquitetura ARM, como Beagleboard e Pandaboard, com o intuito de fazer um comparativo com a arquitetura x86. Serão realizados também testes com sistemas heterogêneos, com o uso da arquitetura CUDA (Compute Unified Device Architecture) para paralelização utilizando CPU e GPU.

A utilização de placas gráficas para paralelização se dá pelo fato de que as GPUs são processadores many-core – com muitos núcleos – de alto desempenho com uma grande capacidade computacional e de fluxo de dados [4]. Além da tecnologia CUDA existem outras tecnologias de paralelização, porém, a CUDA foi escolhida por suportar programação em linguagens padrão, como C, e por se tratar de uma tecnologia mais largamente suportada e desenvolvida, além de placas gráficas estarem cada vez mais presentes em sistemas computacionais atualmente.

A arquitetura ARM é uma escolha que se justifica pela eficiência energética apresentada e, pelo fato de ser muito utilizada em dispositivos móveis como Tablets, Netbooks e Smartphones[5], é uma arquitetura que tem um ótimo suporte por parte dos sistemas operacionais, como por exemplo o Ubuntu, que deverá ser utilizado também nos testes com ARM.

Conclusões

Este trabalho apresenta o resultado de um conjunto de testes que estão sendo realizados com o intuito de pesquisar alternativas com eficiência energética maior que as utilizadas atualmente. Pelo fato de o projeto ainda estar em fase de desenvolvimento, ainda não existem conclusões, mas pode-se observar a diminuição de máquinas físicas, tornada possível com o uso de máquinas virtuais, é uma boa alternativa na redução do consumo, visto que nem sempre as máquinas físicas executam tarefas que ocupem todo seu potencial, podendo o mesmo ser extraído em maiores proporções. Entretanto, devem ser feitas outras análises do consumo relacionando a potência média consumida em circuitos CMOS com meios de redução de frequência, correntes de fuga, quantidade de transistores e outros detalhes, além da utilização das arquiteturas ARM e CUDA, que, posteriormente, serão apresentados à comunidade.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à UNIJUI pela oportunidade de realização do estágio, bem como ao CNPq e ao GAIC que tornaram possível o projeto.

Referências

- [1] E. L. Padoin; L. L. Pilla; F. Z. Boito; R. V. Kassick; P. O. A. Navaux. Análise do Consumo Energético do Algoritmo de Irrigação de Solos em Arquiteturas Heterogêneas. CLCAR 2011.
- [2] NAS – Parallels Benchmarks. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/gppd/disc/inf01151/trabalhos/sem2000-2/nas/nasnpb.html>>. Acesso em: 15 de junho de 2011.





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

[3] NASA Advanced Supercomputing (NAS) Division Home Page. Disponível em: <<http://www.nas.nasa.gov/>>. Acessado em: 15 de agosto de 2011.

[4] General Purpose Computation on Graphics Hardware. Disponível em <<http://gpgpu.org/about>>. Acessado em: 15 de agosto de 2011.

[5] Cortex-A Series – ARM. Disponível em: <<http://www.arm.com/products/processors/cortex-a/index.php>>. Acessado em: 16 de agosto de 2011.

[6] DRANETZ Power Platform PP-4300. Disponível em: <<http://dranetz.com/old/powerplatform-pp4300>>. Acessado em: 16 de agosto de 2011.