

Efeitos do Balanceamento de Carga no Consumo de Energia de Clusters de Computadores Heterogêneos

Andriele Busatto do Carmo¹, Luiz Gustavo Fernandes¹

¹Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)
Avenida Ipiranga, 6681 – Prédio 32 – Porto Alegre – RS – Brasil

andriele.carmo@acad.pucrs.br, luiz.fernandes@pucrs.br

Resumo. Este trabalho propõe uma análise e discussão sobre o impacto do balanceamento de carga no consumo de energia de clusters de computadores heterogêneos, considerando aplicações do tipo *Bag-of-Tasks* (BoT). O objetivo principal é investigar de que forma a carga de trabalho de unidades de processamento de um cluster está relacionada ao consumo de energia, considerando as características da aplicação em execução.

1. Introdução

O consumo de energia em ambientes de alto desempenho tem atraído o interesse de diversos pesquisadores nos últimos anos. Tal interesse é resultado do alto consumo gerado por ambientes dessa natureza. No entanto, propor soluções que combinem redução de consumo e minimização de possíveis perdas de desempenho não é trivial. Este trabalho propõe uma análise e discussão sobre o impacto do balanceamento de carga no consumo de energia de *clusters* de computadores heterogêneos, considerando a execução de aplicações do tipo *Bag-of-Tasks* (BoT). Para a análise e discussão, foram implementados três algoritmos de escalonamento que apresentam diferentes comportamentos em relação ao balanceamento: FIFO (*First In First Out*), Workqueue [da Silva et al. 2003] e Sufferage [Maheswaran et al. 1999].

2. Descrição do Problema e Resultados Obtidos

Com o intuito de avaliar a relação entre balanceamento de carga e consumo de energia foram implementadas as heurísticas de escalonamento FIFO (*First In First Out*), Workqueue [da Silva et al. 2003] e Sufferage [Maheswaran et al. 1999], pois apresentam diferenças de comportamento significativas a respeito do balanceamento de carga. FIFO é uma heurística que não utiliza informações sobre as máquinas e tarefas no momento do escalonamento. Workqueue, embora também não considere essas informações, consegue apresentar melhor balanceamento por submeter mais tarefas às máquinas mais rápidas. Sufferage utiliza informações do ambiente para fazer o escalonamento das tarefas de uma fila.

Os gráficos da Figura 1 representam um ambiente de simulação configurado com 3000 máquinas e uma fila de 15000 tarefas. As máquinas configuradas seguem as descrições encontradas nos trabalhos de Galizia et al. [Galizia and Quarati 2012] e Sharma et al. [Sharma et al. 2006], e ainda, do site Energy Star [Star 2013]. As tarefas representam aplicações do tipo *Bag-of-Tasks* (BoT) e todas estressam a CPU apenas (*CPU-bound*). Optou-se por estresse de CPU por ser um dos componentes que mais consome energia em uma máquina. A variação no tamanho das tarefas é dado por seus tempos de execução na máquina com melhor desempenho, em segundos. Desta forma, a primeira configuração representa tarefas homogêneas que levam 1 segundo para executar. As demais configurações possuem variações de: 1 a 15 segundos; 1 a 30 segundos; 1 a 45 segundos; e 1 a 60 segundos para executar na máquina mais rápida.

A Figura 1(a) apresenta o consumo de energia e o tempo de execução da aplicação, e a Figura 1(b) apresenta o consumo e a qualidade do balanceamento de carga de cada heurística (quanto menor o valor, melhor é o balanceamento). Para a simulação foi utilizado o *framework* SimGrid [Casanova 2001].

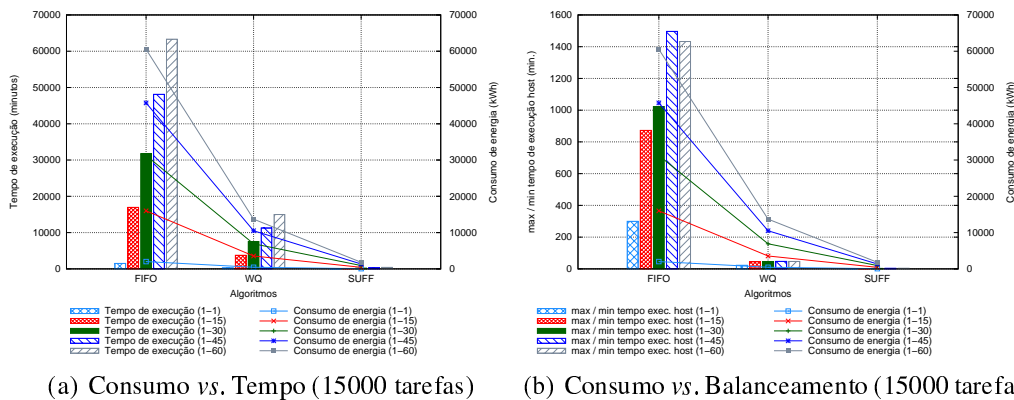


Figura 1. Resultados - *Cluster* com 3000 máquinas

Por meio dos experimentos realizados, observamos que: os algoritmos FIFO e Workqueue levam mais tempo para executar a aplicação do que o Sufferage, e conseqüentemente consomem mais energia. Em todos os testes, o Sufferage apresenta o melhor tempo de execução e também o menor consumo de energia. O valor referente à medida de balanceamento é dado pela razão da maior pela menor carga das máquinas do *cluster*.

3. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Por meio dos resultados obtidos, observamos que menor tempo resulta também em menor consumo, por estarmos trabalhando com tarefas *CPU-bound*. Nesse caso, investir no balanceamento de carga por meio da migração de tarefas pode resultar em menor consumo, uma vez que o tempo de execução será menor. Um refinamento interessante poderia levar em consideração as características das tarefas, por exemplo, o quanto de processamento, E/S, e memória intensivas as tarefas são, e enviá-las às máquinas que melhor trabalham essas características.

Como trabalhos futuros, pretendemos estudar o comportamento de tarefas com diferentes características, como as que estressam memória ao invés de apenas CPU, por exemplo. Naturalmente, pretendemos também estender o presente trabalho, propondo uma política de balanceamento de carga para reduzir o consumo de energia, respeitando limites definidos para a perda de desempenho da aplicação e também, medir o custo envolvido na migração de tarefas.

Referências

- Casanova, H. (2001). Simgrid: A toolkit for the simulation of application scheduling. In *CCGRID*, pages 430–441. IEEE Computer Society.
- da Silva, D. P., Cirne, W., and Brasileiro, F. V. (2003). Trading cycles for information: Using replication to schedule bag-of-tasks applications on computational grids. In Kosch, H., Böszörményi, L., and Hellwagner, H., editors, *Euro-Par 2003. Parallel Processing, 9th International Euro-Par Conference, Klagenfurt, Austria, August 26-29, 2003. Proceedings*, volume 2790 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 169–180. Springer.
- Galizia, A. and Quarati, A. (2012). Job allocation strategies for energy-aware and efficient Grid infrastructures. *The Journal of Systems and Software*, 85(7):1588–1606.
- Maheswaran, M., Ali, S., Siegel, H. J., Hensgen, D., and Freund, R. F. (1999). Dynamic mapping of a class of independent tasks onto heterogeneous computing systems. *Journal of Parallel and Distributed Computing (JPDC)*, 59(2):107–131.
- Sharma, S., Hsu, C.-H., and chun Feng, W. (2006). Making a case for a green500 list. In *IPDPS*. IEEE.
- Star, E. (2013). Energy star site.