

## Um Estudo sobre Configurações de Economia de Energia no Gerenciador de Recursos OAR

Roberto Lopes do Nascimento<sup>1</sup>, Fábio Weber Albiero<sup>1</sup>,  
Benhur de Oliveira Stein<sup>1</sup>, Andrea Schwertner Charão<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Sistemas de Computação – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)  
Santa Maria – RS – Brazil

{robertol, weber, benhur, andrea}@inf.ufsm.br

**Resumo.** *Este trabalho descreve um estudo inicial sobre o módulo de economia de energia do gerenciador de recursos OAR, desenvolvido pelo Laboratório de Informática de Grenoble, da França. Aborda-se a arquitetura deste gerenciador e apresenta-se um plano de experimentação visando avaliar a relação do OAR com a redução do consumo energético em aglomerados de computadores.*

### 1. Introdução

Vivemos numa era de preocupação ambiental, onde a sociedade tem se preocupado com as interferências que impõe sobre os sistemas naturais e os impactos que pode causar. Na área da computação, tais constatações motivaram a busca de um novo paradigma: a Computação Verde (*Green Computing*) [dos Reis and Silveira 2000]. Esta se refere a um conjunto de práticas que podem ser utilizadas no desenvolvimento e uso dos computadores, a fim de mitigar o impacto destes sobre o meio ambiente.

Uma das práticas da *Green Computing* diz respeito ao aumento da eficiência energética dos servidores através de um gerenciamento de recursos computacionais que leve em conta o consumo de energia do sistema e realize a gestão de acordo com esta demanda.

Para efetuar a alocação de recursos de *hardware* em servidores, são utilizados os gerenciadores de recursos. Os gerenciadores de recursos são programas que consideram aspectos como: tempo de resposta do sistema, utilização de recursos, prioridade das tarefas, tempo estimado de conclusão das tarefas, entre outros. Surgiram, consequentemente, pesquisas e aplicações que tratam o gerenciamento de recursos de modo a incluir, entre os fatores considerados, o consumo energético associado à execução das tarefas.

Dentre os vários gerenciadores de recursos disponíveis atualmente, pode-se citar o OAR (*Optimal Allocation of Resources*) [Capit and Emeras 2011], desenvolvido pelo Laboratório de Informática de Grenoble, da França. Tal gerenciador de recursos é um *software* livre, voltado para sistemas altamente distribuídos e composto por diversos módulos. Um desses módulos colabora com a proposta da *Green Computing*, pois permite escalar os recursos em função da demanda de serviço, ligando ou desligando servidores neste processo, aumentando assim a eficiência energética de sistemas como aglomerados de computadores e grades.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo explorar a ferramenta OAR e suas opções de configuração de economia de energia. O resumo está organizado da seguinte forma: a seção 2 descreve o módulo de gestão de consumo energético, a plataforma e o plano de experimentação; e a seção 3 apresenta as considerações finais.

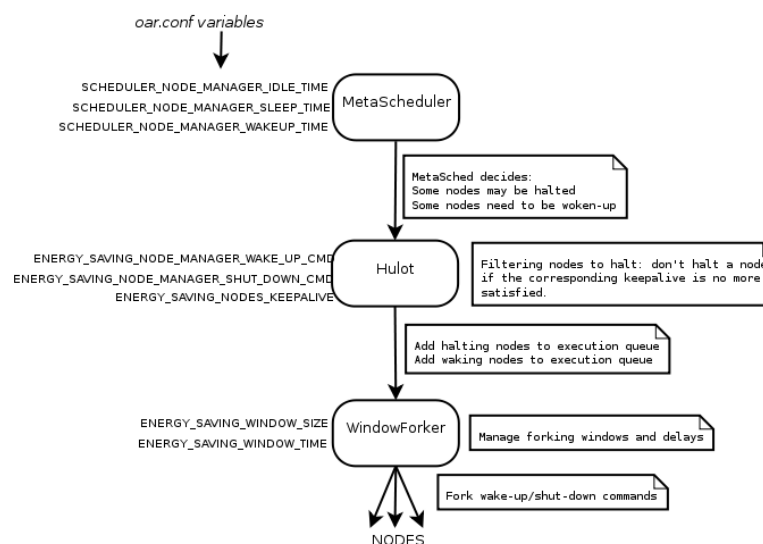
## 2. Desenvolvimento

### 2.1. Módulo de gestão do consumo energético

O Hulot é o módulo do OAR responsável pela gestão do consumo de energético. Assim como o OAR, este módulo foi desenvolvido pelo Laboratório de Informática de Grenoble, da França. O Hulot é um módulo opcional, pois pode ser ativado ou desativado através da alteração do estado da variável *energy\_saving\_internal* (*energy\_saving\_internal* = *yes* ou *energy\_saving\_internal* = *no*). A variável *energy\_saving\_internal* encontra-se disponível no arquivo *oar.conf*.

A gestão de energia é realizada através de alterações nos estados de energia dos nodos do sistema. Os estados de energia (em inglês, *power states*) estabelecem o consumo de eletricidade em função do poder computacional [Hewlett-Packard et al. 2010]. O Hulot opera com três estados de energia: *G0 Working*, *G1 Sleeping* e *G3 MechanicalOff*. Em *G0 Working*, o nodo encontra-se ligado; em *G1 Sleeping*, o nodo encontra-se suspenso, porém com os elementos do contexto do sistema salvos para uma possível retomada do trabalho (*G0 Working*); e em *G3 Mechanical Off*, o nodo encontra-se desligado via mecânica. Em outras palavras, o Hulot determina quais nodos devem ser ligados ou desligados.

O Hulot interage de forma direta com o *MetaScheduler*, módulo responsável pelo envio de uma lista dos nodos que terão o seu estado de energia alterado. Variáveis do *MetaScheduler*, tais como *scheduler\_node\_manager\_sleep\_time* e *scheduler\_node\_manager\_wakeup\_time*, as quais determinam qual é tempo mínimo para o nodo entrar no estado *G1 Sleeping* e o quanto antes ele deve entrar no estado *G0 Working*, devem ser alteradas via edição do arquivo *oar.conf*. Além disso, o Hulot se comunica com a biblioteca *WindowForker*, responsável pela execução da tomada de decisões. A interação do Hulot com o *MetaScheduler* e com o *WindowForker* pode ser vista na figura 1, bem como outras variáveis presentes neste módulo e nesta biblioteca.



**Figura 1. Interação do Hulot com o MetaScheduler e com o WindowForker [Capit and Emeras 2011]**

A interação do Hulot com o *MetaScheduler* e com o *WindowForker* é feita com o auxílio de restrições, presentes no próprio Hulot. Como exemplo, pode-se citar a restrição *keepalive*, a qual permite que o Hulot recuse a interrupção de alguns nodos provenientes da lista do *Metascheduler* caso a restrição não seja mais satisfeita naquele dado momento. Para que este processo ocorra, é necessário que o Hulot verifique essa restrição toda vez que o *Metascheduler* enviar uma lista de nodos ou comandos para alteração dos estados de energia. De acordo com [Capit and Emeras 2011], o Hulot estabelece um tempo limite para o despertar dos nodos. Os nodos que não satisfizarem essa condição serão colocados em uma lista de nodos suspeitos (*Suspects Nodes*), vide figura 2, assim como os nodos cujos comandos enviados pelo *Windowforker* não forem executados de forma correta.

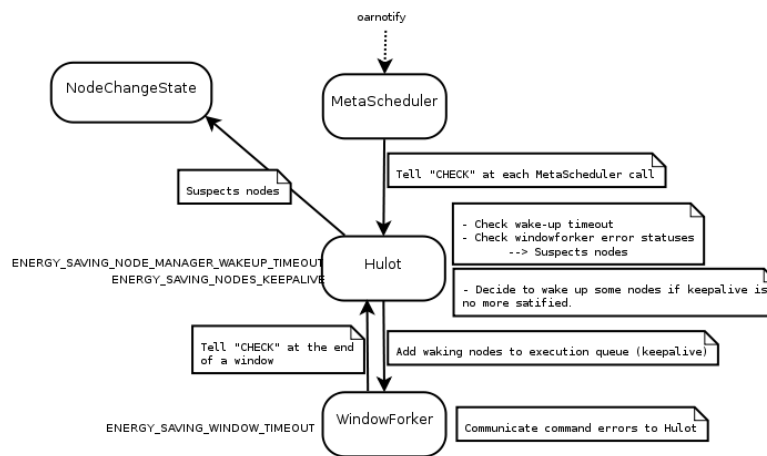


Figura 2. Esquematização de processos do Hulot [Capit and Emeras 2011]

## 2.2. Plataforma

A plataforma é formada por três nodos: um nodo é o *front-end* e dois nodos são os trabalhadores. O *front-end* não possui o mesmo *hardware* que os trabalhadores, sendo estes máquinas SGI Altix XE210, cada uma com dois processadores quad-core de 2.0 GHz. Utilizou-se apenas dois nodos trabalhadores devido à disponibilidade do Laboratório do Sistema de Computação (LSC) da Universidade Federal de Santa Maria. Os nodos trabalhadores ainda não permitem a redução da frequência de operação dos *cores* de forma individual (ainda necessita a instalação do pacote *cpufrequtils*). Quanto ao sistema operacional, utilizou-se o Arch Linux.

Os aparelhos de medição do consumo de energia, dois multímetros e um medidor de energia e potência elétrica, completam a plataforma. Os multímetros serão utilizados para mensurar a corrente e a tensão elétrica, visto que a potência aparente é definida por  $VA = I_{RMS} \times V_{RMS}$ , onde  $I_{RMS}$  é a corrente consumida pelo equipamento e  $V_{RMS}$  é a tensão aplicada ao equipamento. A potência aparente representa a potência média do equipamento eletrônico e possui como unidade de medida o Volt-Ampère. O medidor de energia e potência elétrica (Wattímetro) medirá a potência real do sistema. Tal potência possui como unidade de medida o Watts.

### 2.3. Plano de Experimentação

Embora o OAR ainda não esteja funcionando, buscou-se mesmo assim traçar um plano de experimentação. Foram definidos três casos de teste, a saber: 1) nodos trabalhadores sem carga de trabalho (sem reservas de recursos computacionais) e com o módulo de gestão do consumo energético desativado (*energy\_saving\_internal* = no); 2) nodos trabalhadores com carga de trabalho e com o módulo de gestão do consumo energético desativado; e 3) nodos trabalhadores com carga de trabalho e com o módulo de gestão do consumo energético ativado (*energy\_saving\_internal* = yes). Tais testes possibilitarão estimar a quantidade de energia reduzida no sistema com a utilização do OAR.

Durante os testes, a plataforma será monitorada para a coleta das seguintes informações: energia consumida em Volt-Ampères e em Watts. Como mencionado anteriormente, essas informações serão coletadas através dos aparelhos de medição. Intervalos com variação de 10 minutos a 1 hora serão utilizados. Após coletadas as informações, será calculada a média aritmética e o desvio-padrão.

É importante ressaltar que o consumo de energia elétrica deve ser monitorado somente nos nodos trabalhadores, visto que são eles que realizarão a execução das tarefas. A energia consumida incluirá todos os componentes que constituem os nodos trabalhadores (processadores, memórias, disco rígido, etc), pois não foi descoberta uma forma de isolar o monitoramento de energia por componente. Quanto aos *benchmarks*, serão usados aqueles voltados à utilização do processador, visto que tal componente é o que mais consome energia elétrica no sistema [Franci 2010].

### 3. Considerações Finais

O estudo realizado proporcionou aos participantes um contato inicial com a ferramenta OAR, um gerenciador de recursos computacionais para sistemas de alto desempenho, que possui recursos para economia de energia.

Os resultados obtidos através desse estudo serão utilizados no projeto “GREEN-GRID: Computação de Alto Desempenho Sustentável”. Eles também servirão como ponto de partida para trabalhos futuros, os quais possuem como sugestões: expandir os testes e efetuar otimizações no módulo voltado à gestão do consumo de energia.

### Referências

- Capit, N. and Emeras, J. (2011). Oar - resource management system for high performance computing. Disponível em: <http://oar.imag.fr/>. Acesso em: dezembro de 2011.
- dos Reis, L. B. and Silveira, S. (2000). *Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável*. São Paulo, SP, BR.
- Franci, A. (2010). Green cloud computing. Disponível em: [http://dl.dropbox.com/u/3483043/Alessandro\\_Franci](http://dl.dropbox.com/u/3483043/Alessandro_Franci). Acesso em: abril de 2011.
- Hewlett-Packard, Intel, Microsoft, Phoenix, and Toshiba (2010). Acpi - advanced configuration & power interface. Disponível em: <http://www.acpi.info>. Acesso em: setembro de 2010.