

Implementação de *Clusters* Virtuais em *Hosts Windows*

David Beserra¹, Alexandre Borba¹, Samuel Souto¹, Mariel Andrade¹, Alberto Araújo¹

¹Unidade Acadêmica de Garanhuns– Universidade Federal Rural de Pernambuco
(UFRPE)
Garanhuns – PE – Brazil

david.beserra@linuxmail.org, {alexandre, mariel, aepa}@uag.ufrpe.br

Resumo. Este trabalho compara o desempenho de ferramentas de virtualização na implementação de *Clusters Beowulf* em ambientes *Windows*. O objetivo é reaproveitar recursos ociosos. São realizados testes de desempenho de processamento sustentado e capacidade de rede.

1. Introdução e Trabalhos Relacionados

Atualmente diversos setores têm demandado por sistemas computacionais de alto desempenho. Embora setores econômicos e governamentais demandem cada vez mais por tais recursos, é na ciência que esses sistemas são mais utilizados. O uso de Supercomputadores para tais fins muitas vezes torna inviável o desenvolvimento da aplicação devido aos altos custos de aquisição e manutenção. Como alternativa aos Supercomputadores convencionais surgiu o Cluster Beowulf, que provê HPC a baixo custo uma vez que usa commodities como componentes.

Além da necessidade da concepção de arquiteturas computacionais direcionadas para HPC, existe a necessidade de melhor aproveitamento dos recursos já disponíveis, sobretudo no contexto atual em que o processamento multicore tornou-se bastante comum e tem uma relação consumo x desempenho superior aos processadores convencionais, obtendo em escala, um menor custo por núcleo [Silva et al. 2009]. Com a virtualização abre-se um leque de possibilidades na otimização e aproveitamento de recursos computacionais subutilizados. A virtualização é uma tecnologia que permite executar mais de um sistema operacional (SO) em um mesmo hardware [National Instruments. 2011].

Atualmente em alguns ambientes como laboratórios de informática com fins educacionais ou mesmo ambientes de escritórios, a capacidade de processamento de máquinas modernas é subaproveitada, surgindo então um questionamento a respeito da sua utilização em HPC mediante virtualização. No ambiente universitário, os recursos ociosos de laboratórios de ensino poderiam ser empregados também em experimentos científicos via execução de simulações. Uma alternativa interessante para a economia de custos e amplificação de desempenho para HPC é a virtualização de Clusters Beowulf, que podem conviver dentro de outras infraestruturas de computação, inclusive na nuvem [Napper e Bientinesiy. 2009] [Ivica et al. 2009]. As tecnologias atuais de virtualização já apresentam maturidade suficiente para esta finalidade, obtendo em alguns contextos desempenho similar a soluções convencionais quando em condições equípotentes [Beserra et al. 2011].

Existem muitas opções quanto à ferramenta a ser escolhida para a construção dos clusters virtuais. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é verificar qual virtualizador, entre os disponíveis para plataforma Windows, apresenta o melhor desempenho na implementação de Clusters Beowulf virtualizados em hospedeiros que possuam Windows como SO. Para tal, foram realizados testes para avaliar o desempenho de processamento sustentado e a capacidade de comunicação dos clusters implementados. A escolha do sistema Windows para os hospedeiros é baseada na premissa de que a maioria das infraestruturas passíveis de serem reutilizadas possuem computadores com este sistema instalado. Dando continuidade ao trabalho, a Seção 2 apresenta os objetivos do trabalho e a metodologia de obtenção e análise dos dados. Na seção seguinte, é exposta a análise dos dados obtidos. A Seção 4 apresenta as considerações finais e os trabalhos futuros a serem realizados.

2. Objetivos e Metodologia de Análise

Esta seção apresenta os objetivos que guiam este trabalho bem como a metodologia de análise dos dados obtidos. Foram realizados testes para avaliar o desempenho de processamento em Gflops. Os valores referentes à capacidade de comunicação são dados em Mbps e os de desempenho do sistema de arquivos são expressos em MB/s.

2.1. Objetivos

Os testes foram realizados com o objetivo de determinar:

1. Qual virtualizador implementa clusters com maior desempenho de processamento
2. Qual virtualizador gerencia melhor os recursos de rede do cluster

2.2. Infraestrutura Computacional

Para a execução do experimento foram empregados 4 computadores. Para o *frontend* do *cluster* foi utilizado um computador dedicado que possui processador Intel E6550 com frequência de operação de 2.33 GHz, 4MB de cache e tecnologia de 65 nm, 2 GB de memória principal e FSB de 1333 MHz. As máquinas hospedeiras possuem processadores Intel Q8200 com cache de 4 MB, frequência de operação de 2.33 GHz e tecnologia de 45 nm, 2 GB de memória principal e FSB de 1333 MHz. O SO das máquinas hospedeiras é o *Windows Vista Ultimate* em sua versão de 32 bits. Para a interconexão entre os nodos foi utilizado um *switch* Gigabit Ethernet (3Com 4210) com 44 portas. Cada nó do cluster possui uma interface Gigabit Ethernet RTL 8169. O cabeamento empregado é cat5e, UTP, e com climpagem T568A. Em cada hospedeiro foi configurada, para cada teste com cada virtualizador, uma máquina virtual (VM) com um processador virtual (vCPU) de um núcleo, 1024 MB de memória principal e 30 GB de memória secundária de tamanho fixo. A interface de rede é compartilhada com o hospedeiro. Foram instanciadas máquinas com um único núcleo para não sobrecarregar a infraestrutura original, que possui 4 núcleos físicos por máquina.

2.3. Ferramenta de Cluster

Nos experimentos foi escolhido o sistema operacional *Rocks Cluster 5.4*, em sua versão de 32 bits. Sua principal meta é auxiliar na implementação rápida de *Clusters Beowulf*, possuindo assim um processo de instalação simplificado para *frontend* e escravos.

2.4. Ferramentas de Virtualização

Foram testadas as principais ferramentas de virtualização para a plataforma *Windows*, o *VirtualPC*, o *VirtualBox* e o *VMware Workstation*. Todas as ferramentas empregadas são de virtualização total, que permite que um SO convidado possa ser executado sem sofrer modificações sobre um hospedeiro.

2.4. Ferramentas de Benchmarking

Serão descritas nesta subseção as ferramentas empregadas para *benchmarking*. Para os testes de desempenho de processamento foi empregado HPL. O HPL é o benchmark padrão do projeto TOP 500, que lista os computadores mais rápidos do mundo a cada 6 meses [TOP500 2011]. O HPL retorna o desempenho do *cluster* em Gflops e tempo de duração de cada medida. Já para os testes com rede foi empregado o NetPIPE. O NetPIPE efetua simples testes de *ping-pong*, enviando mensagens entre dois processadores. Ele incrementa o tamanho das mensagens em intervalos regulares. Para cada pacote são realizadas muitas operações de *ping-pong* para aumentar a precisão das medidas [Turner e Chen. 2002].

2.4. Testes Realizados

Para o computo dos resultados foram efetuadas 30 medidas para cada teste, sendo apresentados seus desempenhos médios. Todos os testes foram realizados para todos os clusters de acordo com os objetivos propostos. Os desempenhos individuais de cada *cluster* foram comparados entre si.

1. Teste de desempenho dos *clusters* virtuais com o benchmark HPL. Visa verificar qual virtualizador implementa clusters com maior desempenho de processamento.
2. Teste de capacidade de comunicação dos *clusters*. Foi medida a vazão obtida em função do tamanho do pacote de dados. Visa verificar qual virtualizador melhor gerencia os recursos de rede em um ambiente de *cluster*.

3. Análise dos Resultados

As médias de desempenho de processamento sustentado são apresentadas de maneira comparativa na Figura 1. O *cluster* Implementado com o *VirtualPC* apresentou o pior desempenho entre as ferramentas avaliadas, obtendo um desempenho médio de 8,94 Gflops, ficando 38,52 % abaixo do desempenho do *Virtualbox* e abaixo 36,65 % do *VMware Workstation*. O *cluster* implementado com o *VirtualBox*, por sua vez, apresentou o melhor desempenho, obtendo uma média de 14,47 Gflops. Seu desempenho ficou apenas 2,55 % acima do *cluster* implementado com o *VMware*, que apresentou média de 14,11 Gflops. Ambos obtiveram desempenho bastante superior ao *cluster* construído com a solução da *Microsoft*.

Na aferição do desempenho de rede dos *clusters* virtualizados foi realizado o cálculo da vazão média para cada tamanho de pacote empregado pela ferramenta NetPIPE. A Figura 2 apresenta as vazões médias em função do tamanho do pacote de dados dos 3 virtualizadores analisados. O *VirtualPC* obteve uma vazão média máxima de 140 Mbps. Foi constatado o aumento regular da vazão média ate serem usados pacotes com 100000 bytes. A partir daí ocorreu uma queda significativa na vazão, que voltou a se estabilizar a partir do trafego de pacotes com 1000000 de bytes.

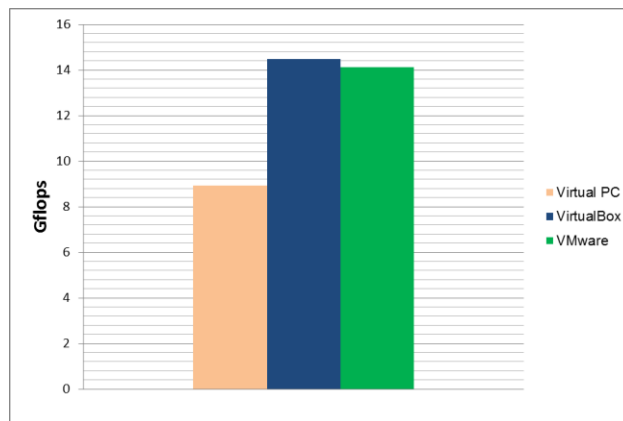


Figura 1. Desempenho de Processamento Sustentado

O *VMware* obteve vazão média máxima de 295 Mbps. O crescimento de sua vazão média, por sua vez, apresenta instabilidades após pacotes 10000 bytes, entrando e permanecendo em queda até o uso de pacotes de 1000000 de bytes, onde volta a crescer. O *VirtualBox* foi o virtualizador que obteve os melhores indicadores nos testes de desempenho de rede, assim como nos de processamento sustentado. Ele apresentou uma vazão média máxima de 590 Mbps. Apresenta crescimento estável de vazão média até pacotes com 80000 bytes, onde sofre queda brusca de desempenho. A vazão torna a aumentar e cresce quase com poucas oscilações até o término do teste.

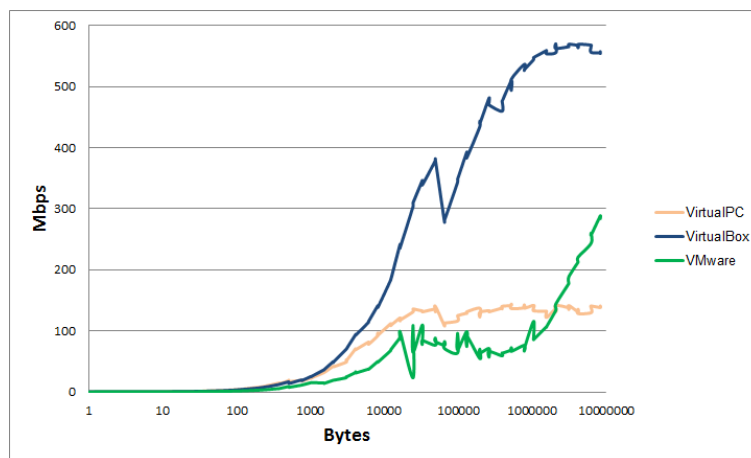


Figura 2. Comparativo de Desempenho de Rede entre os Virtualizadores

É visível que o *VirtualBox* é a ferramenta que melhor gerencia os recursos de rede em um ambiente de cluster com hospedeiros *Windows*. Apresenta melhor desempenho tanto para os menores, quanto para os maiores pacotes de dados. Pode alcançar indicadores de vazão média mais elevados, bem como maior taxa de crescimento da vazão com o tamanho do bloco de dados, em comparação com os outros virtualizadores. O *VirtualPC* apresenta uma vazão menor, todavia, para pequenas quantidades de dados, possui desempenho superior ao *VMware*.

Em *Clusters Beowulf* a rede é fator limitante, quanto maior a vazão, mais nodos podem ser adicionados sem perda de desempenho de processamento. Logo, devido a estas características, pode-se concluir que o *VirtualBox* implementa os clusters com maior desempenho de processamento sustentado. Ele se configura na melhor alternativa para

prover o reuso de infraestrutura para o uso em aplicações que façam maior uso do processador ou que contenham muita comunicação entre os seus processos.

4. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Foi proposto neste trabalho o reuso de infraestruturas computacionais subutilizadas para aplicações de HPC. Foram realizados testes para indicar qual ferramenta de virtualização possui melhor desempenho na implementação de *clusters* virtuais em ambientes *Windows*. A escolha do *Windows* foi motivada pela realidade de ser o SO mais comum em qualquer tipo de ambiente que possa vir a ser reutilizado. Foram realizados testes de desempenho de processamento sustentado, capacidade de comunicação, com o *Virtualbox* sobressaindo-se. Para a continuação do trabalho, será investigado o efeito das instruções de virtualização no desempenho dos *clusters*, com estes mesmos virtualizadores. Pretende-se também fazer uma análise da virtualização de clusters em ambientes *Windows* em estações de trabalho que possuam GPUs, como forma de ampliar o leque de opções de reuso.

Referencias

- Smith, A. and Jones, B. (1999). On the complexity of computing. In *Advances in Computer Science*, pages 555–566. Publishing Press.
- Silva, V. Bentes, C. Guedes, S. Silva, G.P. (2009) “Arquitetura e Avaliação de Desempenho do Cluster Netuno”, *Anais do WSCAD-SSC 2009 – X Simpósio em Sistemas Computacionais*, SBC, pp. 52-59.
- National Instruments, (2011) “Introdução a Virtualização”, ftp://ftp.ni.com/pub/devzone/pdf/tut_9897.pdf.
- Mello, T. C. Schulze, B. Pinto, R. C. G. Mury, A. R. (2010) “Uma análise de recursos virtualizados em ambiente de HPC”, In *Anais do VIII Workshop em Clouds, Grids e Aplicações*, SBC, Gramado, pp. 17-30.
- Napper, J. Bientinesiy, P. (2009) “Can cloud computing reach the TOP500?”, In: *Proc. Combined Workshops on UnConventional High Performance Computing Workshop Plus Memory Access Workshop, UCHPC-MAW '09, Co-located with the 2009 ACM Int. Conf. on Computing Frontiers, CF'09*, 2009, pp. 17-20
- Ivica, C. Riley, J.T. Shubert, C. (2009) “StarHPC - Teaching parallel programming within elastic compute cloud”, In: *Proceedings of the International Conference on Information Technology Interfaces, ITI*, pp. 353-356
- Beserra, D.W.S.C. Souto, S.C.R.A. Andrade, M.J.P. Araújo, A.E.P. (2011) “Comparativo de Desempenho de Um Cluster Virtualizado em Relação a Cluster Convencional Sob Condições Equipotentes”, *Anais do IX Workshop em Clouds, Grids e Aplicações*, SBC, Campo Grande.
- TOP500, (2011) “The Linpack Benchmark”, <http://www.top500.org/project/linpack>
- D. Turner, X. Chen, (2002) “Protocol-Dependent Message-Passing Performance on Linux Clusters”, <http://www.scl.ameslab.gov/netpipe/>