

Desempenho em Instâncias LXC e KVM de Nuvem Privada usando Aplicações Científicas

Anderson M. Maliszewski¹, Dalvan Griebler¹, Claudio Schepke³

¹ Laboratório de Pesquisas Avançadas para Computação em Nuvem (LARCC)
Faculdade Três de Maio (SETREM) – Três de Maio – RS – Brasil

²Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA),
Laboratório de Estudos Avançados (LEA), Alegrete – RS – Brasil

Email: andersonmaliszewski@gmail.com

Resumo. *As nuvens privadas IaaS oferecem um ambiente atraente para aplicações científicas. Como este ambiente possui camadas adicionais de abstração, alcançar um bom desempenho é um desafio. O objetivo é realizar uma avaliação de desempenho das tecnologias de virtualização baseadas em KVM e LXC gerenciadas pelo CloudStack, usando benchmarks da suite NPB-OMP. Os resultados revelaram que LXC supera KVM em 93,75% dos experimentos.*

1. Introdução

A arquitetura de computação em nuvem pode ser representada por uma pilha de camadas, onde a virtualização fica acima dos recursos de hardware, oferecendo suporte as camadas de alto nível, como IaaS, PaaS e SaaS [Chang et al. 2013]. Embora as tecnologias de computação em nuvem tenham evoluído, ainda tem-se perdas de desempenho na camada de virtualização. Outro desafio é apontado por [Iosup et al. 2011], no qual aplicações científicas normalmente requerem recursos da computação de alto desempenho (HPC).

A análise de desempenho de aplicações HPC em ambientes de computação em nuvem tem sido um problema de pesquisa atual. Trabalhos anteriores [Maron et al. 2016, Vogel et al. 2016a] e relacionados (Seção 2) abordam o problema em diferentes aspectos, objetivos, ambientes e condições. A literatura necessita de estudos empíricos que abordem a comparação de tecnologias de virtualização baseadas em contêiner e baseadas em kernel sob condições de ambiente de nuvem privada. Consequentemente, o objetivo é realizar uma avaliação de desempenho das tecnologias de virtualização baseadas em KVM e LXC gerenciadas pelo CloudStack. O foco da avaliação está no paralelismo multithreading usando NPB OpenMP, que pode representar uma ampla gama de aplicações científicas. Portanto, para esse artigo será realizada uma análise de desempenho e comparação entre duas tecnologias de virtualização. Esse trabalho é dividido em 4 seções. A Seção 2 apresenta os estudos relacionados. Na Seção 3 são mostrados os resultados dos experimentos. Por fim, na Seção 4, apresenta-se a conclusão e os trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

A utilização da computação em nuvem para HPC está em ascensão na literatura. O trabalho de [Roloff et al. 2012] realiza uma comparação detalhada de aplicações HPC executando em três provedores de nuvem (Amazon EC2, Microsoft Azure e Rackspace). As características de desempenho e eficiência de custo, foram listadas e comparadas em

clusters. Os experimentos foram realizados usando a versão OpenMP e MPI do NPB em um ambiente de nuvem pública. Os resultados mostraram que HPC pode funcionar de forma eficiente na nuvem, mas os autores enfatizam grandes diferenças entre provedores de nuvem. Em contraste, este artigo está focado em nuvem privada gerenciada pelo CloudStack e fornece uma análise de desempenho entre as tecnologias KVM e LXC. Para avaliar o desempenho de comunicação das aplicações HPC, o estudo desenvolvido por [Okada et al. 2016] usou os benchmarks da suite NPB-MPI. Foram comparados o comportamento da execução no Google Compute Engine, com OpenStack usando a virtualização KVM e um sistema multiprocessador NUMA usando o LXC. Os autores concluíram que os usuários de HPC devem usar o número apropriado de vCPUs em cada VM. Diferentemente, o foco neste artigo está no paralelismo multithreading usando benchmarks da suite NPB-OMP para comparar a virtualização LXC e KVM em condições de nuvem privada gerenciadas pelo CloudStack.

Estudos realizados por [Vogel et al. 2016b] avaliaram diferentes ferramentas IaaS com a virtualização KVM para identificar possíveis impactos de desempenho causados pelas ferramentas de gerenciamento de nuvem. Os testes foram feitos usando os benchmarks da suite NPB com OpenMP e MPI em OpenStack, OpenNebula e CloudStack. Os experimentos revelaram que não há diferença de desempenho significativa entre as ferramentas da nuvem. Neste artigo, uma implementação do CloudStack combinada com as tecnologias de virtualização LXC e KVM foi realizada.

3. Resultados

Testes foram realizados no LARCC ¹ da SETREM em uma nuvem composta por três servidores com a mesma configuração. O nó front-end é responsável pela administração da nuvem e dois nós de computação são responsáveis pela execução das experimentos. Os nós executam o S.O. Ubuntu 14.04 (kernel 3.19.0) em um processador Intel Xeon X5560, 24GB de RAM (1333MHz), disco de armazenamento Sata II e a rede gigabit em cada nó. A ferramenta CloudStack 4.8 foi utilizada como plataforma de nuvem. Também foi usado GNU Fortran (GCC) versão 4.8.5 20150623 (Red Hat 4.8.5-11). O armazenamento primário e secundário são montados no nó front-end e usam o protocolo NFS para se comunicar e compartilhar recursos entre nós. Estes são responsáveis pelo armazenamento das imagens da VM, modelos e imagens do sistema operacional. A oferta de serviços nas instâncias da nuvem utilizaram a capacidade total das máquinas (24 GB de RAM, 8 vCPUs). Para os experimentos, instalamos KVM v.2.0.0 e LXC v.1.0.8.

Para os testes de desempenho NPB-OMP 3.3.1 foi utilizado e compilado com a classe B. Executou-se para cada instância de 1 a 8 threads, resultando em oito execuções separadas. Cada experimento foi repetido 10 vezes. Além disso, implementou-se uma nuvem baseada em CloudStack LXC (virtualização de contêiner) e outra com a nuvem CloudStack KVM (virtualização completa) sobre o mesmo hardware. Finalmente, o ambiente nativo foi comparado para criar uma *baseline* para os resultados. Na Figura 1 são mostrados os tempos de execução dos três ambientes distintos, os quais foram identificados com uma cor específica, vermelha para o Nativo, verde para LXC e azul para KVM. Primeiramente, pode-se observar que o ambiente de nuvem baseado em KVM apresentou os piores resultados, indicando que esse tipo de virtualização impõe um *overhead*

¹<http://larcc.setrem.com.br/>

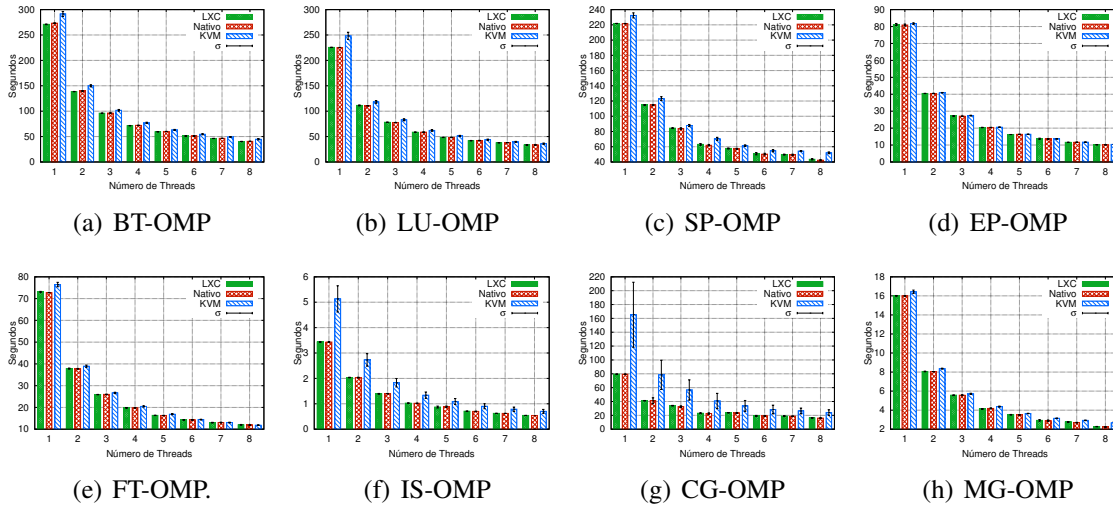


Figura 1. Resultados das aplicações da suite NPB-OMP.

considerável em relação aos ambientes LXC e Nativo.

As aplicações BT (Figura 1(a)), LU (Figura 1(b)) e SP (Figura 1(c)) efetuam soluções de sistemas lineares e tem impacto semelhante em KVM. O ganho de desempenho do *kernel* EP (Figura 1(d)) é perceptível a medida que as threads aumentam. Esse resultado também é enfatizado pelos autores [Hashimoto and Aida 2012] que explicam que a perda de desempenho no EP é mínimo porque este requer menos capacidade de memória. No FT (Figura 1(e)) algumas perdas de desempenho são apresentadas, principalmente na primeira thread em KVM. Essa aplicação usa uma grande quantidade de memória e, por isso, sofre com a adição da camada de virtualização. Da mesma forma, as aplicações CG (Figura 1(g)) e IS (Figura 1(f)) apresentaram resultados diferentes entre os ambientes de nuvem. Os autores [Regola and Ducom 2010] enfatizaram que os *overheads* criados pela virtualização são mais significativos em benchmarks que usam uma grande quantidade de comunicação ou acesso a memória. IS tem características específicas como o menor conjunto de trabalho e a mais rápida execução entre os *kernels* da suíte NPB. Percebe-se que IS executando em KVM (cor azul) tem resultado ruim mesmo sem a utilização de paralelismo. O problema de escalabilidade desta aplicação já foi observada pelos autores [Strazdins et al. 2012]. Por sua vez, MG (Figura 1(h)) sofre *overhead* em KVM. Embora MG tenha utilização intensiva de memória, o acesso a memória não teve grande impacto.

4. Conclusões

Este artigo apresentou uma avaliação de desempenho de experimentos realizados em condições de nuvem privada implantadas com a plataforma CloudStack. O ambiente testado suportou as tecnologias de virtualização KVM e LXC, onde os benchmarks da suite NPB OpenMP foram experimentados. Concluímos que LXC fornece uma sobrecarga menor para este tipo de aplicações. Ao comparar os tipos de instância, a virtualização baseada em contêiner supera a virtualização baseada em kernel em 93,75 %. Somente para um caso excepcional (FT com 8 threads) que KVM supera LXC com uma diferença mínima.

Descobriu-se que o alto uso de memória e o acesso nesses aplicativos impactam significativamente no desempenho de instâncias KVM. Isso ocorre porque a virtualização

completa adiciona mais instruções que precisam ser gerenciadas pela CPU. Consequentemente, é preciso tratar mais informações que causam degradação do desempenho em comparação com o desempenho do ambiente nativo. Como estudos futuros, planeja-se avaliar diferentes domínios de aplicação para descobrir diferentes comportamentos; incluir diferentes ferramentas de gerenciamento do IaaS (i.e., OpenStack, OpenNebula); e realizar experiências com *overprovision* ou até *multi-tenancy*.

Referências

- [Chang et al. 2013] Chang, V., Walters, R. J., and Wills, G. (2013). The Development that Leads to the Cloud Computing Business Framework. *International Journal of Information Management*, 33(3):524 – 538.
- [Hashimoto and Aida 2012] Hashimoto, Y. and Aida, K. (2012). Evaluation of performance degradation in hpc applications with vm consolidation. *Third International Conference on Networking and Computing*, pages 1–5.
- [Iosup et al. 2011] Iosup, A., Ostermann, S., Yigitbasi, M. N., Prodan, R., Fahringer, T., and Epema, D. (2011). Performance Analysis of Cloud Computing Services for Many-Tasks Scientific Computing. *IEEE Trans. on Par. and Dist. Sys.*, 22(6):931–945.
- [Maron et al. 2016] Maron, C. A. F., Griebler, D., Schepke, C., and Fernandes, L. G. (2016). Desempenho de OpenStack e OpenNebula em Estações de Trabalho: Uma Avaliação com Microbenchmarks e NPB. *Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação (REABTIC)*, 6(1):15.
- [Okada et al. 2016] Okada, T. K., Goldman, A., and Cavalheiro, G. G. H. (2016). Using NAS Parallel Benchmarks to Evaluate HPC Performance in Clouds. *International Symposium on Network Computing and Applications*, pages 1–4.
- [Regola and Ducom 2010] Regola, N. and Ducom, J. C. (2010). Recommendations for virtualization technologies in high performance computing. In *CloudCom*, page 8.
- [Roloff et al. 2012] Roloff, E., Diener, M., Carissimi, A., and Navaux, P. O. (2012). High Performance Computing in the cloud: Deployment, performance and cost efficiency. In *Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2012 IEEE 4th International Conference on*, pages 371–378. IEEE.
- [Strazdins et al. 2012] Strazdins, P. E., Cai, J., Atif, M., and Antony, J. (2012). Scientific application performance on hpc, private and public cloud resources: A case study using climate, cardiac model codes and the npb benchmark suite. In *PhD Forum (IPDPSW)*, pages 1416–1424. IEEE.
- [Vogel et al. 2016a] Vogel, A., Griebler, D., Maron, C. A. F., Schepke, C., and Fernandes, L. G. (2016a). Private IaaS Clouds: A Comparative Analysis of OpenNebula, CloudStack and OpenStack. In *Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing (PDP)*, pages 672–679, Crete, Greece. IEEE.
- [Vogel et al. 2016b] Vogel, A., Maron, C. A. F., Griebler, D., and Schepke, C. (2016b). Medindo o Desempenho de Implantações de OpenStack, CloudStack e OpenNebula em Aplicações Científicas. In *16th Escola Regional de Alto Desempenho do Estado do Rio Grande do Sul (ERAD/RS)*, pages 279–282, São Leopoldo, RS, Brazil.