

Cloud Computing en HPC

De Giusti Armando E.¹, Rodríguez Ismael P., Pousa Adrian, Chichizola Franco,
Pettoruti José, Eguren Sebastián, Naiouf Marcelo

Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) - Facultad de Informática - UNLP
{degiusti, ismael, apousa, francoch, josep, seguren, mnaiouf}@lidi.info.unlp.edu.ar

Con la colaboración en la dirección de Tesis de Posgrado de la Universidad Autónoma de Barcelona (España).

CONTEXTO

Esta línea de Investigación está dentro del proyecto “Arquitecturas Multiprocesador Distribuidas. Modelos, Software de Base y Aplicaciones” acreditado por el Ministerio de Educación y de proyectos específicos apoyados por organismos nacionales e internacionales.

Asimismo los proyectos “Eficiencia energética en Sistemas Paralelos” y “Algoritmos Paralelos utilizando GPGPUs. Análisis de rendimiento” financiados por la Facultad de Informática de la UNLP.

En el tema hay cooperación con varias Universidades de Argentina y se está trabajando con Universidades de América Latina y Europa en proyectos financiados por CyTED, AECID y la OEI (Organización de Estados Iberoamericanos).

Se participa en iniciativas como el Programa IberoTIC de intercambio de Profesores y Alumnos de Doctorado en el área de Informática.

Por otra parte, se tiene financiamiento de CONICET, CIC, SPU, UNLP y Telefónica de Argentina en Becas de grado y posgrado.

El III-LIDI forma parte del Sistema Nacional de Cómputo de Alto Desempeño (SNCAD) del MINCYT.

RESUMEN

El objetivo principal de la línea de investigación lo constituye el estudio de las arquitecturas tipo Cloud y el desarrollo de software de base y aplicaciones eficientes en Cloud Computing, en particular en el área de cómputo paralelo de altas prestaciones (*HPC*).

Los temas de interés abarcan aspectos fundamentales tales como Modelización de Clouds, Virtualización, Plataformas de software para gestión de sistemas Cloud, Evaluación de performance y Despliegues de entornos para ejecución de algoritmos paralelos, que pueden ser homogéneos o heterogéneos.

Las áreas de experimentación se centran principalmente en el despliegue de un Cloud privado, el análisis de la performance de cómputo y de

comunicación y la migración en vivo de Clusters Virtuales en el Cloud.

Se incorporan temáticas como el análisis del consumo y la eficiencia energética en el Cloud, como así también la detección de fallas con sus respectivos mecanismos de protección ante las mismas.

Es de hacer notar que este proyecto se coordina con otros dos proyectos en curso en el III-LIDI, relacionados con Algoritmos Distribuidos/Paralelos y Sistemas de Software Distribuido

Palabras clave: Cloud Computing, Virtualización, Cluster Virtual, Cómputo de Altas Prestaciones, Migración en vivo, Algoritmos paralelos, Tolerancia a fallas, Eficiencia energética.

INTRODUCCIÓN

Los avances en las tecnologías de virtualización y cómputo distribuido han dado origen al paradigma de Cloud Computing, que se presenta como una alternativa a los tradicionales sistemas de Clusters y Grids para ambientes de HPC [ROD07][DEG07][BER08][KON09].

La virtualización es un componente fundamental para implementar el paradigma Cloud Computing. Esta tecnología provee una abstracción de los recursos de hardware permitiendo ejecutar simultáneamente múltiples instancias de Sistemas Operativos (*S.O.*) en máquinas virtuales (*VMs*) sobre un único hardware físico [GOL74][NUS09].

Cloud Computing, proporciona grandes conjuntos de recursos físicos y lógicos (como ser infraestructura, plataformas de desarrollo, almacenamiento y/o aplicaciones), fácilmente accesibles y utilizables por medio de una interfaz de administración web, con un modelo de arquitectura “virtualizada” [SHA10][XIN12]. Estos recursos son proporcionados como servicios (“as a service”) y pueden ser dinámicamente reconfigurados para adaptarse a una carga de trabajo variable (escalabilidad), logrando una mejor utilización y evitando el sobre o sub dimensionamiento (elasticidad) [VEL09][VAQ09].

Existen tres modelos de despliegue de un sistema de Cloud Computing: Cloud público, Cloud privado y Cloud híbrido [CHE10][NUR09]:

¹Investigador CONICET

- *Cloud público:* este modelo brinda la posibilidad de acceder inmediatamente a un conjunto de recursos con una mínima inversión, pero a su vez presenta un alto costo acumulado en el tiempo de uso del mismo y la ausencia de garantías sobre la privacidad y seguridad de la información del usuario. Del conjunto de proveedores se destacan Amazon Elastic Cloud Compute (EC2), Microsoft Windows Azure y Rackspace entre otros [EC213][MIC13][RAC13].
- *Cloud privado:* tiene la capacidad de utilizar con mayor eficiencia la infraestructura física. Esto lo logra consolidando la infraestructura por medio de la virtualización. Además, brinda un alto nivel de seguridad sobre los datos sensibles de la organización por medio de políticas y medidas de seguridad establecidas en la Intranet de la organización. Por otro lado, un Cloud privado, presenta una limitación en la escalabilidad ante la presencia de grandes demandas de servicios, dado por la capacidad de los recursos físicos subyacentes. La misma se puede evitar con un modelo de Cloud híbrido.
- *Cloud híbrido:* este modelo permite a las organizaciones obtener los beneficios combinados de un Cloud privado y uno público, logrando así el aumento de la eficiencia en el uso de la infraestructura física, un mayor nivel de seguridad de los datos y una mayor disponibilidad de recursos para atender las grandes demandas de servicios. En la actualidad, existen diversas plataformas de software que permiten desplegar y administrar un Cloud privado, como así también extender el modelo a un Cloud híbrido. Entre los más destacado se mencionan: Eucalyptus, OpenNebula y OpenStack [EUC13][OPE13a][OPE13b].

La utilización de un Cloud en entornos de Cómputo Científico presenta las siguientes características y beneficios [PET11]:

- ✓ *Recursos disponibles bajo demanda en el Cloud:* en el caso de utilizar un Cloud público, no se debe disponer ni afrontar el despliegue, instalación y mantenimiento de los recursos físicos, sólo se debe costear los servicios que se utilizan a medida que se requieren.
- ✓ *Escalabilidad y Elasticidad:* los recursos brindados por un Cloud son altamente escalables, dado que una aplicación o un usuario pueden agregar o reducir dinámicamente sus recursos en respuesta a la variación en la carga de trabajo.
- ✓ *Aprovisionamiento automático de recursos:* la distribución de los recursos se realiza de forma inmediata y automática sin requerir la intervención de personal técnico y/o administrativo. De esta forma, el personal técnico se libera de tareas repetitivas de configuración y atención a demandas, mientras que el usuario accede rápidamente a los recursos.
- ✓ *Autoservicio:* un usuario puede solicitar directamente los recursos que necesita, sirviéndose de los mismos por medio de una interfaz que le brinda control directo sobre el despliegue y configuración de los recursos, evitando así las demoras en el acceso a los mismos.

Más allá de las potenciales características y beneficios que brinda un Cloud, de por sí atractivas, es de gran interés estudiar el despliegue de entornos de ejecución para cómputo paralelo y distribuido (*Clusters Virtuales*), como así también realizar I/D en la portabilidad de las aplicaciones de HPC en el Cloud [DOE11][ROD11].

Los Clusters Virtuales (VC), están conformados por VMs configuradas e interconectadas virtualmente para trabajar en forma conjunta como un recurso de cómputo único e integrado. Cada una tiene asociado un S.O., recursos de almacenamiento, protocolos de comunicación, configuraciones de red y entornos de software para ejecución de algoritmos paralelos [VAZ09][HAC11].

Actualmente, la virtualización es un componente esencial en las actividades de administración de un sistema de Cloud Computing, dado que permite realizar balanceo de carga, ahorro de energía, recuperación tras una falla y un manejo versátil para el mantenimiento del sistema.

Por otro lado, el principal beneficio de la virtualización es la técnica de migración en vivo de una VM de un hardware físico a otro, sin interrumpir el funcionamiento de la VM. Esta técnica ha producido uno de los mayores impactos en el Cloud y el gran desafío está centrado en cómo aprovechar al máximo esta técnica para la migración de VC. En este sentido, interesa realizar I/D en la especificación, optimización y evaluación de técnicas de migración para VC [CLA05].

LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

- Evaluación de performance en arquitecturas de Cloud público.
- Comparación de plataformas de software para gestión y administración Cloud privados e híbridos para la ejecución de VCs.
- Análisis del overhead introducido por software de administración del Cloud para ejecución de soluciones a problemas de HPC.
- Estudio comparativo de performance en Clusters y VCs para problemas de HPC. Escalabilidad.
- Modelos y predicción de performance en arquitecturas de Cloud. Utilización de programas

sintéticos y “firmas” de programas de HPC que requirieran el uso de Cloud.

- Evaluación de rendimiento de las comunicaciones de red virtualizada.
- Hypervisors y técnicas de virtualización.
- Análisis de las técnicas de migración en vivo de VMs.
- Migración en vivo de VCs homogéneos y heterogéneos.
- Análisis de consumo y eficiencia energética en Clouds.
- Detección y tolerancia a fallos en entornos de VCs.

RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

- Formar RRHH en los temas del proyecto, incluyendo Tesis de postgrado y Tesinas de grado.
- Estudiar y analizar las plataformas de software que permitan el despliegue y la administración de un Cloud.
- Desplegar Clouds privados que brinden recursos para entornos de ejecución de cómputo paralelo (VCs).
- Analizar el overhead introducido por el sistema gestor del Cloud (*plataforma de software + Hypervisor*) en un entorno de ejecución de cómputo de altas prestaciones para aplicaciones científicas. Comparar Cloud y Cluster Computing, desde el punto de vista de eficiencia y rendimiento.
- Evaluar la performance de las comunicaciones de red virtual.
- Estudiar y determinar el controlador virtual de red que ofrezca las mejores prestaciones de rendimiento para la ejecución de aplicaciones paralelas, caracterizadas por tener un tiempo de comunicación significativo.
- Analizar y comparar las técnicas de migración vivo en VMs, con el fin de implementar migraciones de VCs homogéneos y heterogéneos.
- Iniciar la investigación sobre el consumo y eficiencia energética en el Cloud, planteando diversos escenarios de virtualización.
- Adicionalmente, investigar la detección de posibles fallas en el Cloud y los mecanismos de protección que se puedan implementar.

En el contexto presentado, y señalando que esta línea es nueva en el III-LIDI, pueden mencionarse las siguientes experiencias:

- ✓ Se experimentó el despliegue de un Cloud privado utilizando la plataforma de software de Gestión

Eucalyptus con el Hypervisor KVM, incluyendo dos Cluster heterogéneos, uno Dedicado y otro Virtual, integrados por 32 núcleos físicos de CPU y 116 GB de RAM [PET12a].

- ✓ Se estudió, analizó y evaluó el overhead introducido por el sistema de Cloud en la ejecución de aplicaciones de cómputo científico, como ser la suite de benchmarks NAS y una solución paralela al problema de N-Reinas [PET12a].
- ✓ Se investigó el rendimiento de las comunicaciones de red virtual en el Cloud y se determinó el controlador de red virtual que mejor prestaciones ofrece para algoritmos cuyo tiempo de comunicación es significativo con respecto al de cómputo [PET12b].
- ✓ Actualmente, se estudia la migración en vivo de VMs, con el fin de obtener migraciones en vivo de VCs.
- ✓ Se está organizando para el mes de junio la Ira Jornada de Cloud Computing (JCC 2013) en Argentina, con participación de especialistas académicos del país y del exterior y de empresas con experiencia en Cloud Computing.

FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

En cooperación con Universidades iberoamericanas se ha implementado la Maestría en Cómputo de Altas Prestaciones y se continúa dictando la Especialización en Cómputo de altas Prestaciones y Tecnología GRID.

En esta línea de I/D existe cooperación a nivel nacional e internacional. Hay 2 investigadores realizando la Maestría, 1 realizando la Especialización, y en el 2012 se han finalizado 2 Tesinas de Grado en temas del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [BER08] Bertogna, M., Grosclaude, E., Naiouf, M., De Giusti, A., Luque, E.: “Dynamic on Demand Virtual Clusters in Grids”. 3rd Workshop on Virtualization in High-Performance Cluster and Grid Computing (VHPC 08). España. (2008)
- [CHE10] Chen, X., Wills, G. B., Gilbert, L., Bacigalupo, D.: TecRes Report: Using Cloud for Research: a Technical Review. In: Computing, pp. 1--52. UK. (2010).
- [CLA05] Clark, C., Fraser, K., Hand, S., Hansen, J., Jul, E., Limpach, C., Patt, I., Warfield, A.: “Live migration of virtual machines”. In: Proceedings of the 2nd conference on Symposium on Networked Systems Design & Implementation. California, USA. (2005).
- [DEG07] De Giusti, A., Naiouf, M., Pettoruti, J. E., Pousa, A., Rodríguez, I. P., De Giusti, L., Chichizola, F., Ardenghi, J., Bertogna, L., Printista, M.: Parallel Algorithms on Multi-Cluster

- Architectures using GRID Middleware. Experiences in Argentine Universities”. In: Garcia Tobio, J., Doallo Biempica, R., López Cabido, I., Martín Santamaría, M. J., Gómez Tato, A., Touriño Dominguez, J. (eds.), 1st Iberian Grid Infrastructure Conference (IBERGRID) Proceedings, pp. 322—332. Spain. (2007)
- [DOE11] Doelitzcher, F., Held, M., Sulistio, A., Reich, C. Viteraas: Virtual Cluster as a Service. In: 3rd IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science. Atenas, Grecia (2011).
- [EC213] Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2). <http://aws.amazon.com/es/ec2/>. Febrero 2013.
- [EUC13] Eucalyptus: Open Source software for building AWS-compatible private and hybrid clouds. <http://www.eucalyptus.com>. Febrero 2013.
- [GOL74] Popek, G.J., Goldberg, R.P.: Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures. In: Communications in the ACM, Volume 17, Number 7, pp. 412--421. USA. (1974)
- [HAC11] Hacker, T., Mahadik, K. “Flexible Resource Allocation for Reliable Virtual Cluster Computing.” In: Supercomputing Proceedings (SC11). Seattle, USA (2011).
- [KON09] Kondo, D., Javadi, B., Malecot, P., Cappello, F., Anderson, D. P.: “Cost-benefit analysis of Cloud Computing versus desktop grids”. In: IPDPS '09 Proceedings. IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing. Washington, USA (2009).
- [MIC13] Microsoft Windows Azure. <http://www.windowsazure.com>. Febrero 2013.
- [NUR09] Nurmi, D., Wolski, R., Grzegorzczak, C., Obertelli, G., Soman, S., Youseff, L., Zagorodnov, D.: The Eucalyptus Open-Source Cloud-Computing System. In: 9th IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGRID '09), pp. 124-131, IEEE Computer Society, Washington (2009).
- [NUS09] Nussbaum, L., Anhalt, F., Olivier, M., Gelas, J.: Linux-based virtualization for HPC clusters. In: Montreal Linux Symposium (2009), pp. 221—234. Canada. (2009).
- [OPE13a] OpenNebula: Open Source Data Center Virtualization. <http://opennebula.org>. Febrero 2013.
- [OPE13b] OpenStack Cloud Software: Open source software for building private and public clouds. <http://www.openstack.org>. Febrero 2013.
- [PET12a] Pettoruti, J., Rodriguez, I.: Cloud Computing en aplicaciones científicas. Arquitectura, configuración y análisis experimental de costo/performance. Tesina de Grado, Facultad de Informática, UNLP. La Plata, Argentina. (2012).
- [PET12b] Pettoruti, J.E., Rodriguez, I., Chichizola, F., De Giusti, A.: Análisis de la degradación de las comunicaciones en algoritmos de cómputo científico en un Cloud privado. In: Proceedings del XII Workshop de Procesamiento Distribuido y Paralelo (WPDP) - XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2012). Bahía Blanca, Argentina. (2012).
- [RAC13] RackSpace Open Cloud Company. <http://www.rackspace.com>. Febrero 2013.
- [ROD07] Rodriguez, I. P., Pousa, A., Pettoruti, J.E., Chichizola, F., Naiouf, M., De Giusti, L., De Giusti, A.: Estudio del overhead en la migración de algoritmos paralelos de cluster y multicluster a GRID. In: XIII° Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2007) Proceedings. Argentina. (2007)
- [ROD11] Rodriguez, I., Pettoruti, J.E., Chichizola, F., De Giusti, A.: Despliegue de un Cloud Privado para entornos de cómputo científico. In: Proceedings del XI Workshop de Procesamiento Distribuido y Paralelo (WPDP) - XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2011). La Plata, Argentina. (2011).
- [SHA10] Shafer, J.: “I/O virtualization bottlenecks in cloud computing today”. In: Proceedings of the 2nd conference on I/O virtualization (VIOV10). California, USA (2010).
- [VAQ09] Vaquero, L. M., Rodero-Merino, L., Caceres, J., Lindner, M.: A Break in the Clouds: Towards a Cloud Definition. In: ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Volume 39, Issue 1, pp. 50--55. USA. (2009).
- [VAZ09] Vázquez Blanco, B., Huedo, E., Montero, R. S., Llorente, I. M.: “Elastic Management of Cluster-based Services in the Cloud”. In: Proceedings pp.19-24, ACM Digital Library. ISBN 978-1-60558-564-2. (2009).
- [VEL09] Velte, A.T., Velte, T.J., Elsenpeter, R.: Cloud Computing: A Practical Approach, McGraw Hill Professional. (2009)
- [XIN12] Xing, Y., Zhan, Y.: “Virtualization and Cloud Computing”. In: Proceedings pp.305-312, Springer Link. ISBN 978-3-642-27323-0. (2012).