

Sistemas Paralelos sobre Arquitecturas Distribuidas. Aplicaciones en Clusters, Multiclusters y GRID.

Armando E. De Giusti, R. Marcelo Naiouf, Laura C. De Giusti, Franco Chichizola, Mónica Denham, Ismael Rodriguez, Adrián Pousa, José E. Pettoruti, Diego Montezanti, Diego Encinas, Luciano Iglesias, Horacio Villagarcía Wanza.

**Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)
Facultad de Informática – UNLP**

{degiusti, mnaiouf, ldgiusti, francoch, mdenham, ismael, apousa, josep, dmontezanti, dencinas, li, hww}
@lidi.info.unlp.edu.ar,

CONTEXTO

Esta línea de Investigación forma parte de dos de los Subproyectos dentro del Proyecto “Sistemas Distribuidos y Paralelos” acreditado por la UNLP y de proyectos específicos apoyados por CyTED, CIC, Agencia, IBM, Telefónica y Fundación YPF.

RESUMEN

Esta línea de I/D se enfoca en la especificación, desarrollo y evaluación de sistemas paralelos utilizando esquemas multiprocesador, configurados en arquitecturas distribuidas tales como Clusters, Multiclusters y GRIDs.

Los temas fundamentales se relacionan con el estudio de los esquemas multiprocesador (desde los multicore a las redes) como soporte para diferentes paradigmas de programación paralela, las técnicas de implementación de algoritmos paralelos sobre arquitecturas distribuidas débilmente acopladas, el desarrollo de modelos para predicción de performance de estas configuraciones, el desarrollo y utilización de middleware de grid como soporte para el uso de esquemas multicluster y el desarrollo de aplicaciones concretas.

En este proyecto cooperan otras 3 Universidades Nacionales de Argentina (UN Comahue, UN Sur, UN San Luis) y se está traba-

jando con la red de Universidades iberoamericanas del proyecto CyTED “Tecnología grid como motor de desarrollo regional”. También el III-LIDI forma parte (desde la Facultad de Informática) de la iniciativa LAGrid (LatinAmerican Grid) de IBM y el proyecto EELA2 (E-infrastructure shared between Europe and Latin America).

Keywords: *Sistemas Paralelos. Cluster, Multicluster y Grid. Modelización de arquitecturas distribuidas. Paradigmas de programación paralela. Aplicaciones.*

1. INTRODUCCION

La investigación en Sistemas Distribuidos y Paralelos es una de las líneas de mayor desarrollo en la Ciencia Informática actual [1][2][3]. En particular la utilización de arquitecturas como clusters, multiclusters y grid, comunicadas vía mensajes y soportadas por redes de diferentes características y topologías se ha generalizado, tanto para el desarrollo de algoritmos paralelos como para el de servicios WEB distribuidos [4][5]. Los desarrollos tecnológicos imponen la investigación de modelos mixtos donde se tienen multiprocesadores con memoria compartida que pueden configurarse en redes (clusters, multiclusters, grids) comunicadas por mensajes.

Es importante en este contexto investigar la modelización del comportamiento de esta clase de sistemas paralelos, así como des-

arrollar nuevos paradigmas para la programación eficiente de aplicaciones.

1.1 Definiciones básicas

Un *cluster* es un tipo de sistema de procesamiento paralelo compuesto por un conjunto de computadoras interconectadas vía algún tipo de red, las cuales cooperan configurando un recurso que se ve como “único e integrado”, más allá de la distribución física de sus componentes. Cada procesador puede tener diferente hardware y sistema operativo, e incluso el “procesador” puede ser un “multiprocesador” [6][7]. Cuando se conectan dos o más clusters sobre una red tipo LAN o WAN, se configura un *multicluster* [8]. La configuración más simple a considerar es la conexión de clusters homogéneos sobre una red LAN o WAN, utilizando un sistema operativo común [9].

Un *Grid* es un tipo de sistema distribuido /paralelo que permite seleccionar, compartir e integrar recursos autónomos geográficamente distribuidos que pueden ser computadoras, software, bases de datos, instrumentos, dispositivos especiales y recursos humanos. Un Grid es una configuración colaborativa que se puede adaptar dinámicamente según lo requerido por el usuario, la disponibilidad y potencia de cómputo de los recursos conectados [10]. El Grid puede verse como un “entorno de procesamiento virtual”, donde el usuario tiene la visión de un sistema de procesamiento “único” y en realidad trabaja con recursos dispersos geográficamente [11] [12].

Algunos autores consideran que un Grid es un “*Cluster de Clusters*”, lo que resulta una definición algo restrictiva pero útil para el desarrollo de un proyecto relacionado con Sistemas Paralelos que migren aplicaciones paralelas de Clusters a Grid.

1.2 Similitudes y Diferencias

- En un cluster normalmente se configura una única máquina paralela virtual que puede estar ejecutando una aplicación dedicada. Un Grid permite configurar múltiples máquinas paralelas virtuales para varios usuarios/aplicaciones simultáneas.

- Tanto clusters como Grids se basan en procesadores heterogéneos. Sin embargo en Grid esta heterogeneidad se extiende a la red de comunicaciones y al tipo de componentes en cada nodo que pueden ser procesadores (mono o multi core), instrumentos, sensores, etc.
- El middleware necesario para Grid es más complejo que el de los clusters [13]. Fundamentalmente, para configurar la máquina paralela virtual es necesario una etapa de identificación de recursos físicos y su ubicación. Además en el Grid es necesario monitorear la ejecución de tareas sobre múltiples máquinas virtuales con usuarios de diferente nivel y con distintos derechos de acceso a los recursos.
- Las herramientas para el desarrollo de aplicaciones requieren un mayor nivel de abstracción en Grid, por la complejidad y variedad de los múltiples usuarios que pueden utilizar la arquitectura [14].
- Por último la interfaz de acceso a un sistema geográficamente distribuido y “reconfigurable por demanda” como un Grid requiere investigación y desarrollo en portales / entornos/ lenguajes de diálogo con el usuario.

Es interesante notar que una estructura de multicluster, visualizada como un *número limitado de clusters dedicados que cooperan en una única aplicación paralela*, es un punto intermedio entre clusters y Grid y requerirá algunos servicios especiales en su middleware.

Este tipo de configuración es especialmente interesante para las aplicaciones a investigar desde las Universidades que forman parte de este proyecto.

1.3 Sistemas Paralelos sobre arquitecturas distribuidas

El desarrollo de sistemas paralelos sobre arquitecturas distribuidas (normalmente débilmente acopladas y comunicadas por una red heterogénea) presenta algunos desafíos, entre los que pueden mencionarse:

- La heterogeneidad de las comunicaciones y su costo variable según los nodos a

conectar dificulta la asignación óptima de tareas a procesadores y el balance dinámico de la carga.

- La incorporación de procesadores con diferente potencia y velocidad, que en algunos casos aparecen como multiprocesadores con memoria compartida, hace especialmente complejo el problema del balance de carga y muy crítica la localidad de datos y/o procesos.
- Los modelos para predicción de performance son complejos y agregan la incertidumbre del ancho de banda efectivo en el caso de emplear Internet.
- La granularidad óptima a emplear depende de la relación entre potencia de cómputo local y remota. Muchas veces la configuración efectiva de los nodos remotos a utilizar no es conocida a priori.
- De mínima se requiere un soporte de middleware para la interfaz de usuario, la autenticación de los mismos y la identificación de los recursos remotos a utilizar.
- El modelo cliente-servidor (paradigma muy empleado en algoritmos paralelos sobre clusters) se torna ineficiente al incrementar el número de nodos. Esto requiere la reformulación de algoritmos que ejecutan sobre clusters. En particular el paradigma “peer to peer” resulta atractivo para investigar, así como esquemas mixtos dentro del mismo sistema paralelo [15].
- Las herramientas de software más generalizadas en clusters están evolucionando para ser utilizables en multicluster y Grid. (ej. MPI o PVM) ya que tienen restricciones al tratar de emplearlas en topologías que conectan diferentes redes.

2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

- Sistemas distribuidos y paralelos. Cluster, multicluster y grid. Modelos y Caracterización de performance.

- Paradigmas para el desarrollo de algoritmos paralelos sobre arquitecturas distribuidas.
- Optimización de algoritmos sobre arquitecturas distribuidas heterogeneas.
- Lenguajes para procesamiento paralelo sobre sistemas distribuidos.
- Modelos de arquitectura híbrida (memoria compartida localizada con mensajes sobre una red).
- Análisis (teórico y práctico) de los problemas de migración y asignación óptima de procesos y datos a procesadores. Métricas de paralelismo.
- Predicción de performance en arquitecturas multicluster y grid.
- Administración y monitorización de recursos en arquitecturas distribuidas sobre las que se implementan sistemas paralelos.
- Análisis de rendimiento de cómputo y comunicaciones en clusters, multiclusters y grid.
- Tolerancia a fallas y seguridad en multicluster y grid.
- Portales WEB orientados a servicios grid.
- Optimización de las arquitecturas y procesadores, considerando la migración de algoritmos a hardware.
- Aplicaciones de tratamiento masivo de datos y simulación paramétrica sobre multicluster y grid.

3. RESULTADOS OBTENIDOS /ESPERADOS

- ✓ Modelizar el comportamiento de clusters y multiclusters homogéneos y heterogéneos, sobre redes LAN y WAN.
- ✓ Estudiar el modelo de comportamiento de arquitecturas multicore, su inserción en sistemas paralelos y la migración de servicios de procesamiento paralelo al hardware.
- ✓ Estructurar un GRID vinculando Universidades del país y del exterior (está activo)

- ✓ Estudiar predicción de performance de sistemas paralelos sobre arquitecturas distribuidas, realizando estudios experimentales para optimizar los mismos.
- ✓ Desarrollar primitivas de comunicaciones orientadas a cómputo paralelo en multicluster.
- ✓ Estudiar el overhead introducido por el middleware de Grid y como reducirlo para aplicaciones específicas.
- ✓ Investigar aplicaciones concretas de procesamiento masivo de datos y simulación paramétrica sobre Grid.
- ✓ Investigar la especificación e implementación de WEB services eficientes sobre Grid.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

En esta línea de I/D existe cooperación a nivel nacional e internacional. Hay 6 Investigadores realizando su Doctorado en Argentina y 1 en el exterior. Asimismo 4 alumnos avanzados están trabajando en su Tesina de Grado de Licenciatura.

En cooperación con las Universidades miembros del proyecto CyTED "Tecnología Grid como motor de desarrollo regional" se ha implementado una Especialización en Cómputo de Altas Prestaciones y Tecnología Grid que se inició en 2007 en la UNLP con Profesores europeos y de las 4 Universidades vinculadas al proyecto.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Grama A, Gupta A, Karypis G, Kumar V. "Introduction to parallel computing". Second Edition. Pearson Addison Wesley, 2003.
2. Jordan H, Alagband G. "Fundamentals of parallel computing". Prentice Hall, 2002.
3. Dongarra J, Foster I, Fox G, Gropp W, Kennedy K, Torczon L, White A. "The Sourcebook of Parallel Computing". Morgan Kauffman Publishers. Elsevier Science, 2003.
4. Z. Juhasz (Editor), P. Kacsuk (Editor), D. Kranzlmuller (Editor). "Distributed and Parallel Systems: Cluster and Grid Computing" (The International Series in Engineering and Computer Science). Springer; 1 edition (September 21, 2004).
5. Di Stefano M. "Distributed data management for Grid Computing". John Wiley & Sons Inc (29 Jul 2005).
6. Grid Computing and Distributed Systems (GRIDS) Laboratory - Department of Computer Science and Software Engineering (University of Melbourne). "Cluster and Grid Computing". 2007. <http://www.cs.mu.oz.au/678/>.
7. Lei Chai, Qi Gao, Dhabaleswar K. Panda. "Understanding the Impact of Multi-Core Architecture in Cluster Computing: A Case Study with Intel Dual-Core System". IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid 2007 (CCGRID 2007), pp. 471-478 (May 2007).
8. A. E. De Giusti. "Tutorial Grid Computing". June 2006.
9. T. Anderson, D. Culler, D. Patterson, NOW Team. "A Case for NOW (Networks of Workstations)". IEEE Micro, 15(1), 1995, pp. 54-64.
10. Joseph J., Fellenstein C. "Grid Computing". On Demand Series. IBM Press. 2003.
11. Foster I., Kesselman C., Kaufmann M. "The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure". The Morgan Kaufmann Series in Computer Architecture and Design. 2 edition (November 18, 2003).
12. Berman F., Fox G., Hey A. "Grid Computing: Making The Global Infrastructure a Reality". John Wiley & Sons (April 8, 2003).
13. The Globus Alliance: <http://www.globus.org>
14. Grid Computing Infocentre: <http://www.gridcomputing.com/>
15. Ghosh S. "Distributed System. An Algorithmic Approach". Chapman & Hall/CRC Computer and Information Science Series.