

DISEÑO DE CLUSTER A PARTIR DE COMPUTADORAS DE ESCRITORIO PARA HPC (HIGH PERFORMANCE COMPUTING)

Ana Gabriela García Páramo (1), Francisco Elizalde Blancas (2)

¹ [Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales, Universidad de Guanajuato] | [ag.garciaparamo@ugto.mx]

² [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato - Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [franciscoeb@ugto.mx]

Resumen

Este trabajo presenta la planificación, instalación y configuración de un conjunto de computadoras de escritorio agrupadas en un arreglo tipo clúster, el cual tiene un costo relativamente bajo debido a la habilitación de equipos que estaban en desuso. Esta clase de equipo tipo clúster es comúnmente utilizado para resolver problemas que demandan grandes capacidades de cómputo. En general, este tipo de tecnología es costosa, pero en este trabajo se presenta una alternativa económica. Muchos de los problemas antes mencionados no pueden ser resueltos en computadoras individuales debido a la gran cantidad tanto de datos que involucran como de operaciones numéricas que se requiere realizar. En este trabajo se muestran resultados en aplicaciones numéricas que tienen una utilidad práctica (Mecánica de Fluidos, Termodinámica, Transferencia de Calor, etc.), en donde se refleja un buen desempeño y un adecuado uso de los recursos computacionales.

Abstract

This paper presents the planning, installation and configuration of a set of computers grouped in a cluster array, which has a relatively low cost due to the fitting out of computers that were in disuse. This kind of cluster type equipment is commonly used to solve problems that require large computing capabilities. In general, this type of technology is expensive, but in this work an economical alternative is presented. Many of these problems mentioned above can not be solved in single computers because of the large amount of data involved and the number of numerical operations required to perform. In this paper results in numerical applications that have a practical use (Fluid Mechanics, Thermodynamics, Heat Transfer, etc.) are shown, where a good performance and a proper use of computer resources can be seen.

Palabras Clave

Procesamiento paralelo; escalabilidad; eficiencia; rendimiento; MPI

INTRODUCCIÓN

En la Ciencia de la Computación existe una continua demanda de mayor poder de procesamiento por parte de los sistemas informáticos. Existen numerosas áreas en las que se requieren realizar grandes cantidades de cálculos, o trabajar con un importante volumen de datos, y en todos los casos realizarlo en un periodo de tiempo razonable de acuerdo al problema a resolver [1].

Desde el surgimiento de las computadoras seriales, su velocidad se ha incrementado para cumplir con las necesidades de las aplicaciones del mundo real. Sin embargo, la limitación física fundamental impuesta por la velocidad de la luz hace imposible obtener mejoras indefinidamente, y una manera natural de evitar esta saturación e incrementar el poder de cómputo es utilizar múltiples procesadores (en una o más máquinas) trabajando de manera conjunta para resolver el problema. En este sentido, el paralelismo es un concepto intuitivo porque el mundo real es esencialmente paralelo [2].

Existen diferentes razones que justifican la importancia que ha adquirido el procesamiento paralelo. Entre ellas pueden mencionarse [3]:

- El crecimiento de la potencia de cómputo, dado por la evolución de la tecnología de los componentes y las arquitecturas de procesamiento [3].
- La existencia de problemas computacionales en los cuales el tiempo de resolución utilizando una máquina secuencial es inaceptable [3].
- La capacidad del cómputo distribuido/paralelo para reducir el tiempo de procesamiento en problemas de cálculo intensivo (simulaciones, búsquedas, cómputo científico) o de grandes volúmenes de información (bases de datos, imágenes, entre otros) [3].
- Las posibilidades que el paradigma paralelo ofrece en términos de

investigación de técnicas para análisis, diseño y evaluación de algoritmos [3].

Marco teórico

¿Qué es un clúster? Es un grupo de computadoras interconectadas que trabajan conjuntamente en la solución de un problema. Estos sistemas constituyen una solución flexible, de bajo costo y de gran escalabilidad para aplicaciones que requieren una elevada capacidad de computadora y memoria [4].

De un clúster se espera que presente las siguientes características:

- Dos o más nodos (computadoras) conectados entre sí por un canal de comunicación [4].
- Cada nodo necesita de un elemento de proceso, memoria y una interfaz para comunicarse con la red del clúster [4].
- Los clusters necesitan de software especializado, ya sea a nivel de aplicación o a nivel de núcleo [4].
- Todos los elementos del clúster trabajan para cumplir una funcionalidad conjunta, sea la que sea [4].

La construcción del clúster es más fácil y económica debido a su flexibilidad ya que pueden tener todas (grupo de computadoras) las mismas características de hardware y software (clúster homogéneo), diferencia en cuanto a rendimiento se refiere pero con arquitecturas y sistemas operativos similares (clúster semi-homogéneo), o tener diferente hardware y sistema operativo (clúster heterogéneo). Para que un clúster funcione como tal, no basta sólo con conectar entre sí las computadoras, sino que es necesario proveer un sistema de manejo del clúster, el cual se encarga de interactuar con el usuario y los procesos que corren en él para optimizar el funcionamiento [5].

Los clusters pueden clasificarse con base a sus características. Se pueden tener clusters de alto rendimiento (HPC - High Performance Clusters),

de alta disponibilidad (HA - High Availability) o de alta eficiencia (HT – High Throughput) [4].

- High Performance: son clusters que ejecutan tareas que requieren de gran capacidad computacional. Estas tareas pueden comprometer los recursos del clúster por largos periodos de tiempo [4].
- High Availability: son clusters diseñados para proporcionar disponibilidad y fiabilidad. La fiabilidad se provee mediante software que detecta fallos del sistema y permite recuperarse frente a éstos, mientras que en hardware se evita tener un único punto de fallo [4].
- High Throughput: son clusters que están diseñados con el objetivo de ejecutar la mayor cantidad de tareas en el menor tiempo posible [4].

De acuerdo a la revisión bibliográfica se decidió configurar un clúster de alto rendimiento (HPC) y con características del tipo homogéneo, donde uno de los objetivos es su uso en simulaciones computacionales que requieren largos periodos de tiempo, más específico en aquellas referentes al área de mecánica debido a la gran cantidad tanto de datos que involucran como de operaciones a realizar.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la configuración del clúster de alto rendimiento y de tipo homogéneo se requiere de equipos de cómputo que compartan las mismas características en cuanto a sistema operativo, memoria (RAM), capacidad de almacenamiento (HD) y procesador(es).

En este caso se habilitaron cinco ordenadores que poseen las mismas características:

- Memoria (RAM) 4 GB
- Disco Duro (HD) 240 GB
- 2 Procesadores Intel Xeon de 2.80 GHz cada uno
- Sistema operativo Windows XP

Después de tener las computadoras listas se procedió a instalar en cada una de ellas el software a utilizar en procesamiento paralelo, en este caso se trata de Ansys Fluent, un software de CFD (Computational Fluid Dynamics) capaz de modelar fenómenos físicos principalmente de transporte como son flujos de fluidos en régimen laminar o turbulento, incompresible o compresible, transferencias de calor y masa, entre otros. Posteriormente, se prosiguió con la creación de una red de área local (LAN) y para ello se hizo uso de un switch el cual permite la comunicación entre los equipos de cómputo para la transferencia de los datos.

Ya establecida la red local y la instalación de los equipos, se procedió a ejecutar la interfaz para el envío/transmisión de mensajes (MPI) en la cual se sincronizan los procesos que se ejecutan en paralelo y se comunican enviando y recibiendo mensajes.

La interfaz gráfica para la configuración del procesamiento en la que se puede decidir la cantidad de nodos de cómputo así como asignar el nodo maestro y por consecuencia determinar los nodos esclavos pertenecientes al clúster es proporcionada por Ansys Fluent. Una vez que se configuran los nodos de cómputo a utilizar para el procesamiento en paralelo, se procede a ejecutar el archivo deseado para la simulación de manera normal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se describen las pruebas y resultados obtenidos para analizar el comportamiento de las distintas configuraciones de los equipos de cómputo y sus procesadores. En primera instancia se comparan las cinco soluciones (una computadora realizando las simulaciones de forma cotidiana, dos computadoras utilizando un procesador de cada una de ellas, dos computadoras usando los dos procesadores de cada una de ellas, cuatro computadoras usando un procesador de cada una de ellas y cuatro computadoras utilizando los dos procesadores que poseen cada una de ellas) contemplando criterios de convergencia de 1×10^{-3} en una etapa intermedia con fines de estabilidad numérica y de 1×10^{-8} como criterio final.

Además, es importante mencionar que el primer caso de simulación consta de una malla de 1,024,000 elementos (volúmenes de control) y resolverá una cantidad de nueve ecuaciones diferenciales parciales, así mismo, el segundo caso de estudio se conforma por una malla con 3,456,000 elementos y en donde también se resuelven nueve ecuaciones diferenciales parciales. En ambos casos la solución se obtiene mediante simulación numérica.

Una vez determinada la mejor solución de configuración en número de computadoras y procesadores (mejor distribución del trabajo) se analiza el comportamiento de la misma, usando el segundo archivo correspondiente a la malla de 3,456,000 elementos para determinar si el clúster es capaz de realizar la simulación debido a la mayor cantidad de ecuaciones (algebraicas lineales) a resolver.

Como se puede apreciar en la Figura 1, para los dos criterios de convergencia, la configuración ideal es cuatro computadoras usando un procesador de cada una de ellas ya que resuelve el problema en menor tiempo. Si se observa más a detalle en la configuración de cuatro computadoras usando los dos procesadores que posee cada una de ellas, aumenta el tiempo de solución del primer criterio de convergencia, lo cual se debe a su rendimiento. Esto es difícil predecir en forma precisa basándonos únicamente en los resultados obtenidos de las simulaciones bajo distintas configuraciones. Además, cabe agregar que para un determinado tamaño de problema, al aumentar la cantidad de elementos de procesamiento (recursos de cómputo) cae la eficiencia del sistema paralelo completo.

En la Figura 2, se hace una comparación entre los dos casos de análisis descritos anteriormente, utilizando en ambos la configuración de cuatro computadoras y un procesador que fue la más eficiente. En la Figura 2 se puede observar la gran variación de tiempo que hubo en la solución de los dos casos contemplando los dos criterios de convergencia, ésta gran diferencia en tiempo es debida a la cantidad de elementos que conforman cada malla, pues la segunda es aproximadamente 3.5 veces más grande que la primera y por lo tanto debe resolver una mayor cantidad de ecuaciones (algebraicas lineales) y así obtener resultados más aproximados.

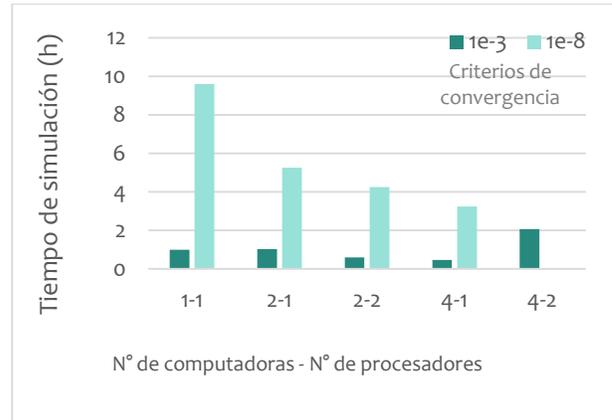


Figura 1: Comparación de configuraciones de computadoras y procesadores en la malla de 1,024,000 elementos.

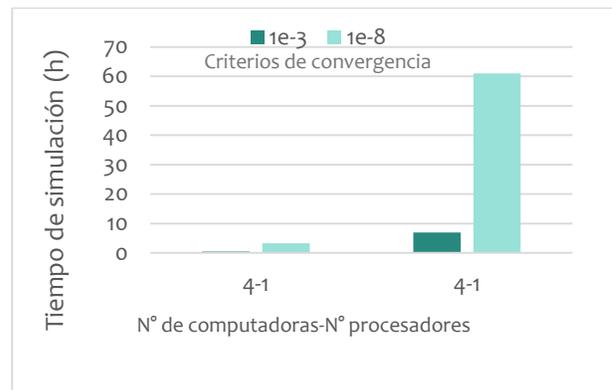


Figura 2: Comparación de las mallas de 1,024,000 y 3,456,000 respectivamente, utilizando la configuración más eficiente.

CONCLUSIONES

El desarrollo del procesamiento paralelo como una técnica para aumentar el aprovechamiento de sistemas de cómputo es innegable. Llevar a cabo la implementación del clúster homogéneo y de alto rendimiento permitió comparar el efecto de la distribución de trabajo en las distintas configuraciones planteadas en los apartados anteriores. Por lo anteriormente mencionado, es importante determinar el ritmo o velocidad a la cual el problema debe crecer con respecto al número de elementos de procesamiento para mantener fija la eficiencia; ahora se puede recomendar utilizar con una configuración de cuatro ordenadores y un procesador de cada uno de ellos para mantener la eficiencia del clúster, lo cual sería válido sólo para el clúster utilizado en este trabajo. También se

pudo determinar que el clúster configurado es un sistema paralelo no escalable debido a que al incrementar el número de procesadores mayor a cuatro (en total) se observó una disminución en el tiempo de respuesta de la simulación.

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar estas líneas para agradecer a mi asesor el Dr. Francisco Elizalde Blancas y al Dr. Nicolás Cristóbal Uzárraga Rodríguez por su tiempo, dedicación, orientación y apoyo para llevar a cabo este trabajo de investigación y poder concluirlo de manera satisfactoria.

REFERENCIAS

- [1] Grama, A., Gupta, A., Karypis, G., & Kumar, V. (2003). *Introduction to Parallel Computing: Design and Analysis of Algorithms* (2da ed.). Inglaterra: Addison Wesley.
- [2] Wilkinson, B., & Allen, M. (2004). *Parallel Programming. Techniques and Applications Using Networked Workstations and Parallel Computers* (2da ed.). EEUU: Prentice Hall.
- [3] Naiouf, M., De Giusti, L. C., Chichizola, F., & De Giusti, A. E. (2006). Dynamic Load Balancing on Non-homogeneous Clusters. In G. Min, B. Di Martino, L. T. Yang, M. Guo, & G. Rünger (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science (Frontiers of High Performance Computing and Networking – ISPA 2006 Workshops)* (Vol. 4331), pp. 65-73).
- [4] Colobran Huguet, M., Arqués Soldevila, J., & Galindo, E. (2008). *Administración de sistemas operativos en red* (1st ed.). España: UOC.
- [5] Careaga, A. (2012). Clúster Informático: Un resultado no planeado de las Matemáticas. Recuperado de <http://www.academica.mx/blogs/cl%C3%BAster-inform%C3%A1tico-un-resultado-no-planeado-las-matem%C3%A1ticas>. [Fecha de consulta: 2 de julio de 2015]
- [6] Sinisterra, M., Díaz, T. & Ruíz, E. (2012). Clúster de balanceo de carga y alta disponibilidad para servicios web y mail. *Informador Técnico*, (76)93-102. Recuperado de <http://www.dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4364562.pdf>