Computer Grid: Base para Innovar el e-learning

*Manuel Alejandro Cáceres Lampen**
Universidad de San Martín de Porres

RESUMEN

El desarrollo de la tecnología, como sabemos, es constante y llega de una manera vertiginosa, dando lugar a que algunos problemas relacionados con el procesamiento de datos con computadoras se vayan resolviendo de una manera creativa y novedosa. Tal es el caso del aprovechamiento de la velocidad de procesamiento como de almacenamiento de computadoras individuales, pero conectadas a una red de alta velocidad. Estos sistemas de computación distribuida, o como algunos la llaman computación grid. Están diseñados para hacer trabajos de investigación y que requieren realizar cálculos complejos para su solución, utilizando la velocidad de procesamiento de servidores, que en un momento determinado, se encuentren «ociosos».

En la Facultad de Ingeniería y Arquitectura (FIA) de la Universidad de San Martín de Porres (USMP), se viene haciendo estudios de esta nueva tecnología para potenciar el uso del e-learning de tal manera que varios usuarios puedan, al mismo tiempo, acceder a una misma información contenida en un repositorio que incluya videos, archivos con documentos de diversos tipos, previamente digitalizados, sin degradar en demasía el tiempo de acceso a la información, de manera que apoyen adecuadamente el proceso de formación profesional de nuestros estudiantes y de instituciones educativas de cualquier nivel de formación; a la vez que potencian el proceso de investigación en la USMP.

Palabras clave: *velocidad de procesamiento, computación distribuida, mainframes, e-learning.*

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

ABSTRACT

The technology development, as we know, is constant and comes in a vertiginous way, allowing some problems related to the data processing using computers to be solved in a creative and innovative way. Such is the case of the processing speed use and individual computer storage capacity, but connected in a high speed network. These distributed computing systems, also called grid computing, are designed to develop various researching works that need to do complex estimations for their solution, using the processing speed of some servers that can be free in a specific moment.

In the Faculty of Engineering and Architecture (FIA) of the San Martín de Porres University (USMP), studies about this new technology are been developed to boost the use of e-learning in such a way that various users can, at the same time, have access to the same information stored in a repository which includes videos, various types files, previously digitalized; without diminishing the access time to information, in a way that allows to adequately support the professional education process of our students and other educative institutions in any education level; and so improving the researching process at the USMP.

Keywords: *processing speed, distributed computing, mainframes, e-learning.*

INTRODUCCIÓN

La tecnología ha avanzado, de manera notable, en los últimos tiempos y brinda ahora una mayor velocidad de procesamiento al computador lo que permite agilizar la obtención de resultados. Esto, a la vez, hace que las redes de computadoras utilizadas en el proceso de investigación sean más eficientes en el manejo de los escasos recursos de que disponen.

Actualmente, las aplicaciones de uso científico son las que utilizan, de manera intensiva, todos estos recursos. Esta particularidad hace prioritario que los centros de investigación destinen gran parte de su presupuesto a la adquisición de equipos de cómputo de mejor tecnología y, a veces, a mayor costo.

Para el desarrollo de trabajos de investigación complejos, siempre se ha requerido una gran capacidad de cómputo basada principalmente en capacidad de procesamiento, gestión de memoria y almacenamiento. Para facilitar este desarrollo se cuenta con un valioso soporte que es Internet, la red de redes.

Como sabemos el nacimiento de la red que hoy llamamos Internet, que obedece a un conjunto muy variado de motivos -a veces contradictorios- de orden político, económico, social, de emulación, prestigio, simbólicos, etc., estuvo más que nada marcado por la incompatibilidad entre distintos sistemas operativos, redes, enlaces y contactos que prácticamente

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

convertían a la comunicación electrónica en una nueva versión de la Torre de Babel, mencionada en la Biblia en el antiguo testamento.

Hafner & Lyon (1996) «señalan que toda la historia de la convergencia digital es todavía una carrera enloquecida en torno de la fabricación de estándares, interoperabilidad, interconexión y el uso de protocolos comunes y compartidos hasta llegar al célebre y todavía hegemónico TCP/IP».

Desde el inicio de Internet hubo siempre el interés por parte de los investigadores de conectarse entre ellos, de diseminar recursos y sobretodo de imaginar una red de redes que alguna vez pudiera usar su poder distribuido para procesar información, en forma tan análoga o más poderosa que las más grandes supercomputadoras como la Craig.

Efectivamente, tres décadas después de iniciada Internet, la computación distribuida está alcanzando la madurez, y ahora es combinada con servicios Web para crear una nueva Internet superpotente.

Borja Sotomayor (2004) «señala que la computación grid es considerada un paradigma de la computación distribuida, este nuevo paradigma fue propuesto por los investigadores Ian Foster y Carl Kesselman, a mediados de los años 90».

Actualmente hay muchas aplicaciones reales que utilizan computación Grid de manera eficaz y eficiente. Actualmente, la mayoría acotadas al ámbito científico-académico.

Las principales áreas son:

- Aplicaciones con grandes necesidades computacionales. Por ejemplo, aplicaciones para realizar simulaciones, predicciones, monitorización, modelado y simulación de regiones susceptibles de inundaciones para predecir inundaciones y/o proporcionar datos a equipos de crisis en caso de inundación. (http://www.eu-crossgrid.org).
- Aplicaciones con grandes necesidades de almacenamiento o proceso de datos. Como por ejemplo:
  - Aplicaciones que generan un flujo grande y constante de datos. Por ejemplo el Gran Colisionador de Hadrones, generalmente conocido por sus siglas en Inglés LHC (Large Hadron Collider), que es un acelerador y colisionador de partículas. La red de computación (o Computing Grid en inglés) del LHC es una red de distribución diseñada por el CERN para manejar la ingente cantidad de datos que serán producidos por el LHC. Incorpora tanto enlaces propios de fibra óptica como partes de Internet de alta velocidad.

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

El flujo de datos provisto desde los detectores se estima aproximadamente, en 300 Gb/s, que es filtrado buscando «eventos interesantes», que resulta un flujo de 300 Mb/s. El centro de cómputo del CERN, considerado «Fila 0» de la red, ha dedicado una conexión de 10 Gb/s.

Se espera que el proyecto genere 27 Terabytes de datos por día, más 10 TB de «resumen». Estos datos son enviados fuera del CERN a once instituciones académicas de Europa, Asia y Norteamérica, y que constituyen la «fila 1» de procesamiento. Otras 150 instituciones, la «fila 2».

Se espera que el LHC produzca entre 10 a 15 Petabytes de datos por año.

- Aplicaciones que se benefician del acceso a datos similares situados en distintas organizaciones. Por ejemplo el análisis distribuido de mamografías. (http://www.ediamond.ox.ac.uk), «En»

- Aplicaciones colaborativas, tales como:
  - Aplicaciones que, por su naturaleza, son multiorganización y se benefician de una tecnología que facilita la comunicación entre distintas organizaciones.
  - Teleconferencias, reuniones virtuales. (http://www.accessgrid.org), «En»
  - Colaboración entre sismólogos. (http://www.neesgrid.org), «En»

- Para que el uso de la computación grid no quede restringido al ámbito académico y de investigación, también se utiliza la tecnología grid en empresas para:
  - Aunar todos los recursos computacionales de todas las sedes de una empresa.
  - «Comprar» potencia de cálculo en una Grid ya existente.
  - «Gridificación» de aplicaciones ya existentes.

El término *grid* se refiere a una infraestructura que permite la integración y el uso colectivo de ordenadores de alto rendimiento, redes y bases de datos que son propiedad y están administrados por diferentes instituciones. Puesto que la colaboración entre instituciones envuelve un intercambio de datos o de tiempo de computación, el propósito

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

del grid es facilitar la integración de recursos computacionales. Universidades, laboratorios de investigación, empresas, etc., se asocian para formar grid, para lo cual utilizan algún tipo de software que implemente este concepto.

Las características de esta arquitectura son:

- Capacidad de balanceo de sistemas: no hay necesidad de calcular la capacidad de los sistemas en función de los picos de trabajo, ya que la capacidad se puede reasignar desde la granja de recursos a donde se necesite.
- Alta disponibilidad: con la nueva funcionalidad, si un servidor falla, se reasignan los servicios en los servidores restantes.
- Reducción de costes: con esta arquitectura los servicios son gestionados por «granjas de recursos». Ya no es necesario disponer de «grandes servidores» y podremos hacer uso de componentes de bajo coste. Cada sistema puede ser configurado siguiendo el mismo patrón.

Se relaciona el concepto de grid con la nueva generación de Internet. El nuevo protocolo de Internet IPv6 permitirá trabajar con una Internet más rápida y accesible, y como se sabe, es de uso exclusivo de investigadores de todo el orbe.

Este avance en la comunicación permitirá consolidar las ideas sobre computación grid al utilizar como soporte la altísima conectividad de Internet. Es por ello que uno de los campos de mayor innovación en el uso de la computación grid, fuera de los conceptos de supercomputación, es el desarrollo de un estándar para definir los Grid Services frente a los actuales Web Services.

Como solución, se propone el grid como un modelo de trabajo para «compartir recursos en forma coordinada y resolver problemas en organizaciones virtuales (OV) multi-institucionales de forma dinámica». De esta manera, varias instituciones pueden formar distintas OVs e incluso formar parte de más de una al mismo tiempo, realizar diferentes roles e integrar distintos recursos como se muestra en la Figura 1. (http://www.textoscientificos.com/redes/computacion-grid,) «En».

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

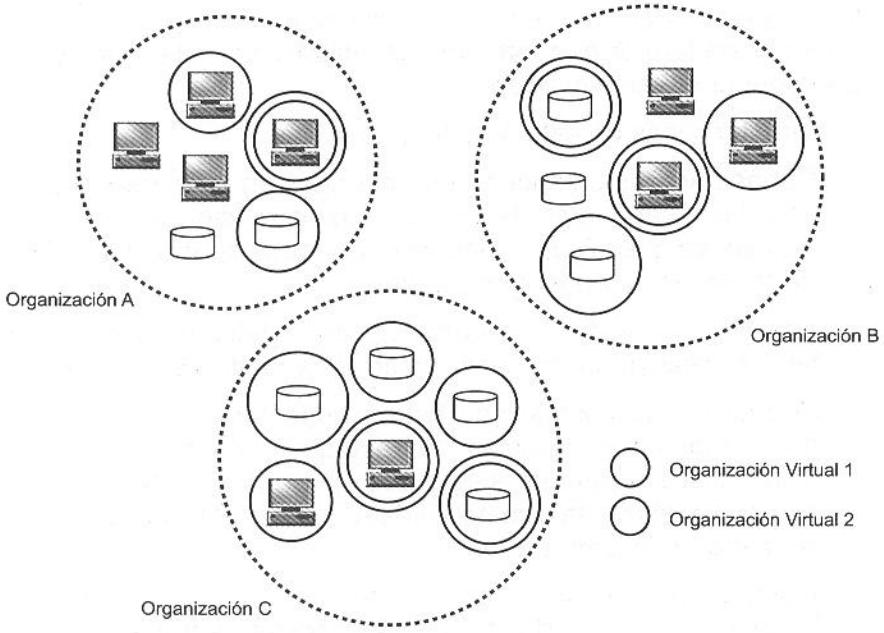


Figura 1

Modelo de una red de Computación Grid

Durante los últimos 10 años, los investigadores de la academia y de las empresas han estado conectando numerosos servidores para crear superordenadores colectivos multitárea que actualmente quieren comercializar.

IBM, Microsoft, Sun Microsystems y otros están presentando sus planes para llevar este concepto hacia el mundo de los negocios. A pesar del respaldo, encuentran dificultades para convencer a los compradores corporativos de que inviertan en una tecnología, que es mostrada como un permiso a los de fuera a fin de que accedan a sus servidores.

Sun dio un gran salto hacia la tecnología grid cuando en el año 2000 adquirió el fabricante de software Gridware. Por su parte, el pasado mes de agosto, IBM presentó sus planes de reconfigurar la grid computing para utilizarla en las empresas.

Para llevar a cabo ese esfuerzo, IBM, Sun y Microsoft, reunidos a finales del mes pasado en Global Grid Forum, celebrado en Toronto, decidieron casar los grids con los Web services, una tecnología que

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

permite que las transacciones de los negocios corran por encima de los servidores, diseminados en Internet.

Los Web Services son aplicaciones basadas en Internet que interactúan, de forma dinámica, con otras aplicaciones basadas en la Web utilizando estándares abiertos que incluyen XML, UDDI y SOAP.

Las compañías tecnológicas que fomentan este concepto de unión entre grids y Web services esperan ofrecer servicios como la posibilidad de tener siempre acceso a potencia computacional. Por ahora, sus primeros esfuerzos se centran en un intento de ganar la lealtad del mayor grupo de programadores como sea posible, señala Tony Lams, analista de la firma D.H. Brown. Es una gran carrera para compartir los recursos y los que están al frente son IBM, Sun y Microsoft, afirma Lams.

Para las compañías que venden hardware, como IBM y Sun, el concepto grid es mucho más que la última moda. Estimulada por Internet, la informática está experimentando una profunda transición de lo que será su tercera evolución.

García (2008) señala «que los tipos de grid que se pueden identificar actualmente y que se muestran en la figura No. 2, son:

- Grid de Información
- Grid de Recursos
- Grid de Servicios

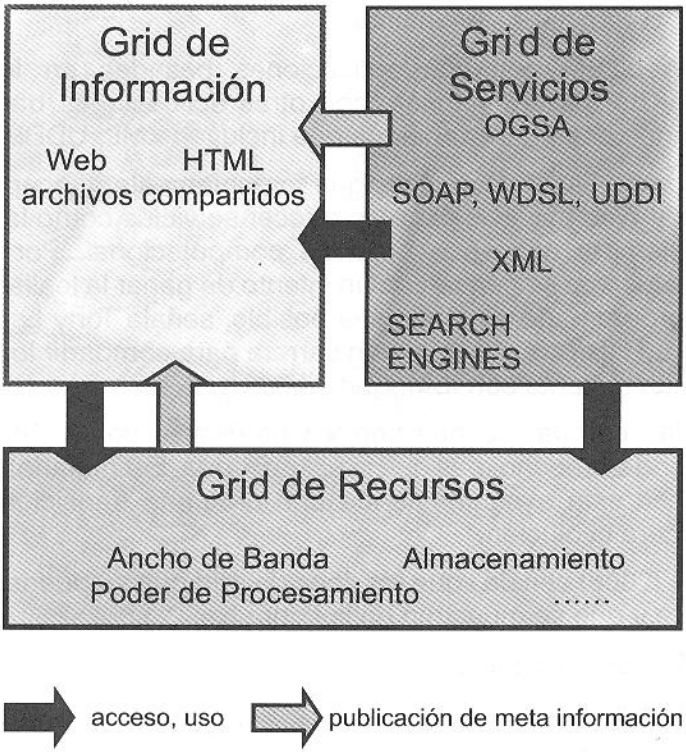
El Grid de Información, a diferencia de la Web, los datos compartidos no se encuentran respaldados por una organización o dueño de algún sitio Web, sino que el servicio para compartir archivos es dispuesto por las personas que desean intercambiar archivos de datos, archivos de música, películas, video o software. Es muy fácil actualizar la información a fin de mantenerla vigente.

El Grid de Recursos provee los mecanismos necesarios y coordinados de los recursos como computadoras, bases de datos, servicios e instrumentos de laboratorio. El ingreso a este grid está restringido, sólo a usuarios autorizados, quienes pueden acceder a cualquier recurso, independientemente, de su localización.

El Grid de Servicios está encargado de prodigar o prestar servicios y aplicaciones, sin importar la ubicación geográfica, implementación o plataforma de hardware. Con los Web Services y el Open Grid Service Architecture (OGSA) están diseñados para proveer de interoperabilidad entre los servicios».

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285



Fuente: García Monroy, José. «Grid, el futuro en las comunicaciones»

Figura 2

Tipos de Grid

Para la construcción de un grid en la universidad de San Martín de Porres, primero se debe construir un cluster y de esta manera, resulta fácil y económico, debido a su flexibilidad: pueden tener todos los elementos que conforman el cluster, la misma configuración de hardware y sistema operativo (cluster homogéneo), diferente rendimiento pero con arquitecturas y sistemas operativos similares (cluster semi-homogéneo), o tener diferente hardware y sistema operativo (cluster heterogéneo), cuya construcción es más fácil y económica.

Para que un cluster funcione como tal, no basta solo con conectar entre sí los ordenadores, sino que es necesario proveer de un sistema de manejo del cluster, el cual se encargará de interactuar con el usuario y los procesos que corren en él para optimizar su funcionamiento.

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

Un cluster presenta combinaciones de los siguientes servicios:

- Alto rendimiento
- Alta disponibilidad
- Equilibrio de carga
- Escalabilidad

Por lo que los clusters se pueden clasificar de acuerdo con las diferentes connotaciones que pueden darle diferentes grupos de personas. Los tipos de clusters, establecidos en base al uso y servicios que ofrecen, determinan el significado del término para el grupo que lo utiliza. Los clusters pueden clasificarse a base de sus características en: Clusters de alto rendimiento (HPC – High Performance Clusters), clusters de alta disponibilidad (HA – High Availability) o clusters de alta eficiencia (HT – High Throughput).

Clusters de Alto rendimiento (HPC): Son aquellos en los cuales se ejecutan tareas que requieren de gran capacidad computacional, grandes cantidades de memoria, o ambos a la vez. El llevar a cabo estas tareas puede comprometer los recursos del cluster por largos períodos.

Clusters de Alta disponibilidad (HA): Son clusters cuyo objetivo de diseño es el de proveer de disponibilidad y confiabilidad. Estos clusters brindan la máxima disponibilidad de los servicios que ofrecen. La confiabilidad se provee mediante software que detecta fallas y permite recuperarse frente a los mismos, mientras que en hardware se evita un único punto de fallas.

Clusters de Alta eficiencia (HT): Son aquellos cuyo objetivo de diseño es el ejecutar la mayor cantidad de tareas en el menor tiempo posible. Existe independencia de datos entre las tareas individuales. El retardo entre los nodos del cluster no es considerado un gran problema.

Los clusters también pueden clasificarse como Clusters de IT Comerciales (Alta disponibilidad, alta eficiencia) y Clusters Científicos (Alto rendimiento). A pesar de las discrepancias, a nivel de requerimientos de las aplicaciones, muchas de las características de las arquitecturas de hardware y software, que están por debajo de las aplicaciones en todos estos clusters, son las mismas. Más aún, un cluster de determinado tipo, puede también presentar características de los otros.

En general, un cluster necesita de varios componentes de software y hardware para poder funcionar. A saber:

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

- Nodos
- Sistemas Operativos
- Conexiones de Red
- Middleware
- Protocolos de Comunicación y servicios
- Aplicaciones
- Ambientes de Programación Paralela

Los nodos: pueden ser simples ordenadores, sistemas multi procesadores o estaciones de trabajo (*workstations*). Un nodo es un punto de intersección o unión de varios elementos que confluyen en el mismo lugar.

En redes de computadoras, cada una de las máquinas es un nodo, y si la red es Internet, cada servidor constituye también un nodo. En estructuras de datos dinámicas, un nodo es un registro que contiene un dato de interés y al menos un puntero para referenciar (apuntar) a otro nodo.

El cluster está conformado por nodos dedicados (no disponen de teclado, mouse ni monitor y su uso está exclusivamente dedicado a realizar tareas relacionadas con el cluster) o por nodos no dedicados (disponen de teclado, mouse y monitor y su uso no está exclusivamente dedicado a realizar tareas relacionadas con el cluster, este hace uso de los ciclos de reloj que el usuario del computador no está utilizando para realizar sus tareas).

El almacenamiento puede consistir en una NAS (Network Attached Storage). Es un dispositivo específico dedicado a almacenamiento a través de la red (normalmente TCP/IP) que hace uso de un sistema operativo optimizado para dar acceso a través de protocolos CIFS, NFS, FTP o TFTP., una SAN (Storage Area Network) a través de Fibre Channel, o DAS (Direct Attached Storage). Consiste en conectar unidades externas de almacenamiento SCSI o a una SAN. Estas conexiones son dedicadas. El protocolo que más se utiliza es el NFS (Network File System), sistema de ficheros compartido entre servidor y los nodos. Sin embargo, existen sistemas de ficheros específicos para clusters como Lustre (CFS) y PVFS2. DAS proporciona mayor rendimiento y mayor fiabilidad al no compartir el recurso.

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

Sistema operativo: debe ser multiproceso, multiusuario. Otras características deseables son la facilidad de uso y acceso y permitir, además, múltiples procesos y usuarios. Un sistema operativo es un programa o conjunto de programas de computadora, destinado a permitir una gestión eficaz de sus recursos. Comienza a trabajar cuando se enciende el computador, y gestiona el hardware de la máquina desde los niveles más básicos, permitiendo también la interacción con el usuario. Un sistema operativo se puede encontrar, normalmente, en la mayoría de los aparatos electrónicos que utilicen microprocesadores para funcionar, que gracias a estos se puede entender la máquina y ésta cumpla con sus funciones (teléfonos móviles, reproductores de DVD, autorradios y computadoras)

Conexiones de red: los nodos de un cluster pueden conectarse mediante una simple red Ethernet con placas comunes (adaptadores de red o NICs), o utilizarse tecnologías especiales de alta velocidad como Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Myrinet, Infiniband, SCI, etc.

Las redes Ethernet son las más utilizadas en la actualidad, debido a su relativo bajo costo; no obstante, su tecnología limita el tamaño de paquete; realizan excesivas comprobaciones de error y sus protocolos no son eficientes, y sus velocidades de transmisión pueden limitar el rendimiento de los Clusters. Para aplicaciones con paralelismo de grano grueso puede suponer una solución acertada.

La opción más utilizada, en la actualidad, es Gigabit-Ethernet (1000Mbps), siendo emergente la solución 10Gigabit-Ethernet. La latencia de estas tecnologías está en torno a los 30-100 us, y que depende del protocolo de comunicación empleado.

En todo caso, es la red de administración por excelencia, aún cuando no sea la solución de red de altas prestaciones para las comunicaciones, es la red dedicada a las tareas administrativas.

El middleware; es un software que generalmente actúa entre el sistema operativo y las aplicaciones con la finalidad de proveer a un cluster los siguientes:

- Una interfaz única de acceso al sistema, denominada SSI (Single System Image), la cual genera la sensación al usuario de que utiliza un único ordenador muy potente.
- Herramientas para la optimización y mantenimiento del sistema: migración de procesos, checkpoint-restart (congelar uno o varios procesos, mudarlos de servidor y continuar su funcionamiento en el nuevo host), balanceo de carga, tolerancia a fallas, etc.

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

- Escalabilidad: debe detectar, automáticamente, nuevos servidores conectados al cluster para proceder a su utilización.

Existen diversos tipos de middleware, como por ejemplo: MOSIX, OpenMOSIX, Cóndor, OpenSSI, OSCAR, etc.

El middleware recibe los trabajos entrantes al cluster y los redistribuye de manera que el proceso se ejecute más rápido y el sistema no sufra sobrecargas en un servidor. Esto se realiza mediante políticas definidas en el sistema (automáticamente o por un administrador) que le indican dónde y cómo debe distribuir los procesos, por un sistema de monitorización, el cual controla la carga de cada CPU y la cantidad de procesos en él.

El middleware también debe migrar procesos entre servidores con distintas finalidades:

- Balancear la carga: si un servidor está muy cargado de procesos y otro está ocioso, pueden transferirse procesos a este último para liberar de carga al primero y optimizar el funcionamiento.
- Mantenimiento de servidores: si hay procesos corriendo en un servidor que necesita mantenimiento o una actualización, es posible migrar los procesos a otro servidor y proceder a desconectar del cluster al primero.
- Priorización de trabajos: en caso de tener varios procesos corriendo en el cluster, pero uno de ellos de mayor importancia que los demás, puede migrarse este proceso a los servidores que posean más o mejores recursos para acelerar su procesamiento.

Los ambientes de Programación Paralela permiten implementar algoritmos que hacen uso de recursos compartidos: CPU (Central Processing Unit), memoria, datos y servicios.

Entre los Sistemas Clusters Implementados, tenemos los siguientes:

- Beowulf
- Berkeley NOW
- Google
- Cluster PS2
- Cluster X
- MareNostrum
- Thunder
- ASCI Q

Información detallada sobre las características de cada tipo de cluster y sobre todo su rendimiento, se encuentra en el anexo No. 1

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

La necesidad de contar con esta infraestructura para soportar las diversas aplicaciones generadas por los proyectos de nuestra universidad, nos motivó a buscar soluciones alternativas de bajo costo que pudieran ser implementadas con los escasos recursos de que disponemos.

La alternativa de solución fue la creación de una red de computadoras construyendo primero un clúster de equipos, basándonos en la metodología Beowulfy usando herramientas de construcción de clúster de fuente abierta. Esperamos incrementar mayor potencia de cálculo y almacenamiento con el uso de técnicas de clustering y de computación Grid.

Esto permitirá que en la FIA-USMP se pueda iniciar el centro de procesamiento de datos para los múltiples proyectos en los que vienen trabajando nuestra universidad y así compartir información, recursos y servicios.

La parte negativa de los proyectos que se vienen desarrollando, con el aporte de la computación distribuida o computación grid, está referida al uso de los resultados de la investigación que pudiera generar patentes o productos novedosos y que permita resolver problemas o curar enfermedades que aquejan al mundo. Algunas de las preguntas que se podrían plantear serían:

- ¿Quién o quiénes son los dueños de la patente o patentes desarrolladas?
- ¿Cómo afecta la seguridad de mi computadora, al ceder capacidad de procesamiento en tiempos ociosos?
- ¿Qué porcentaje de participación me corresponde del total de los beneficios obtenidos al comercializarse un producto que resulte de un trabajo de investigación que ha utilizado mis recursos de cómputo?

Definición del Problema

La necesidad de crecer en capacidad de cálculo y de almacenamiento es una constante en el mundo de la computación. Teniendo en cuenta que los recursos computacionales que pueden satisfacer estas necesidades son generalmente costosos y son difíciles de alcanzar como soluciones para universidades y centros de investigación de esta parte del mundo, se trata de buscar una solución alternativa que cumpla con los requerimientos de las facultades de nuestra Universidad y, a la vez, se convierta en una solución con muchas probabilidades de concretar una serie de proyectos que tienen las distintas Facultades de la USMP y facilitar así la concreción activa en el desarrollo de proyectos con participación de investigadores de nivel internacional.

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

Justificación de la Solución

Esta permitirá:

- Motivar la participación de investigadores en el desarrollo de proyectos en nuestra universidad, y contará para ello con mejores y una mayor cantidad de recursos de procesamiento y almacenamiento de información.
- Poner al alcance de los usuarios (docentes investigadores y alumnos tesistas) una plataforma virtual de cómputo que les permita ejecutar aplicaciones que, de otra manera, no les sería posible ejecutar.
- Brindar servicios de computación a demanda que permitirá el ahorro de recursos computacionales ya que dichos recursos se pueden centralizar a través de esta solución.
- Capacidad de crecimiento ilimitada a través de la unión de estos recursos a otros grupos internos y externos que irán sumando capacidad a esta solución inicial.

Entre los beneficios que se esperan obtener de la computación Grid, en el marco de las tecnologías de la información, podemos enumerar:

1. Integrar sistemas y dispositivos heterogéneos. La computación grid proporciona un conjunto de capacidades de integración horizontal que dirige de forma efectiva, los recursos de toda la empresa, e incluso extiende la solución a múltiples organizaciones. Por ejemplo, un científico que participe en una investigación grid podría obtener el acceso a un único superordenador conectado a un laboratorio.
2. Mejora del coste efectivo de los entornos operativos. A través de la visualización de la consolidación, reservas, compartir y gestionar los recursos a través de las funciones heterogéneas de tecnologías de la información, la computación grid ayuda a simplificar los entornos operativos y su gestión reduciendo la administración de su supervisión. Además, como consecuencia de fomentar la utilización eficiente de los recursos, computación grid ayuda a las empresas a construir una infraestructura de tecnologías de la información de costes efectivos que asegure la completa utilización de las inversiones en tecnología existente.
3. Creación de competencias virtuales seguras y flexibles. Las tecnologías grid adoptan las nociones de flexibilidad, libertad de elección de estándares abiertos. Las grids son capaces de descubrir, dinámicamente, y ajustarse a los entornos cambiantes y fluctuantes de las tecnologías de la información. Por esta razón, computación grid facilita el establecimiento, reestablecimiento y cambios de los

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

parámetros que requieren los negocios respecto a la seguridad y a compartir recursos.

4. Incrementa la capacidad de recursos para responder a las fluctuaciones de la demanda, permite a las organizaciones de tecnologías de la información agregar recursos distribuidos y explotar una capacidad no utilizada. Los grids incrementan, de forma importante la cantidad de recursos computacionales y de datos disponibles. La computación grid ayuda a crear infraestructuras de tecnologías de la información que pueden responder rápidamente a oleadas inesperadas en el trámite y uso de los recursos.

5. Aumenta la fiabilidad de la infraestructura, al obtener ventajas de los recursos del grid como una alternativa frente a la recuperación de los desastres tradicionales. Los departamentos de tecnologías de la información pueden mejorar la fiabilidad y disponibilidad de sus infraestructuras tecnológicas para aumentar la resistencia a una fracción del costo de los sistemas duplicados.

Objetivos:

a) Crear una infraestructura virtual de procesamiento y almacenamiento para aplicaciones científicas a nivel de la Universidad de San Martín de Porres de modo que los investigadores tengan un soporte de infraestructura donde ejecutar sus aplicaciones.

b) Soportar la ejecución de aplicaciones paralelas y distribuidas usando herramientas open source.

c) Integrar la infraestructura de cómputo de nuestra universidad con otras infraestructuras utilizando herramientas de clustering y computación Grid para participar en proyectos de integración a nivel nacional e internacional.

d) Brindar servicios de computación y almacenamiento en demanda a usuarios desarrolladores de aplicaciones paralelas.

e) Participar activamente en la Asociación Grid Perú, de la que formamos parte actualmente.

Método

El presente proyecto se encuentra estructurado en tres etapas de desarrollo, siendo estas las siguientes:

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

1° Creación de un cluster de computadoras que sirva de base en el proyecto de computación grid.

2° Instalación y desarrollo de todos los aplicativos que permitan utilizar las potencialidades de procesamiento del cluster.

3° Participar de la nueva red internacional para investigadores (Internet 2) en el desarrollo de proyectos conjuntos entre universidades y naciones.

El proyecto se limita a la creación del cluster tipo beowlf, que permitirá soportar aplicaciones paralelas, que luego se potenciarán con una mayor cantidad de computadoras, con la potencia de Internet 2 y con la participación de redes de otras Facultades de nuestra Universidad. En esta etapa, se ha realizado la construcción de un cluster HPC (High Performance Computing) de cinco nodos, que deben quedar a dedicación exclusiva para uso de la Asociación Grid Perú que conformamos junto con el Instituto Internacional de la papa, Senamhi, Cayetano Heredia, entre otras.

Es necesario precisar en el momento que a la hora de diseñar un cluster, los nodos deben tener características similares; es decir, deben guardar cierta similitud de arquitectura y sistemas operativos, ya que si se conforma un cluster con nodos totalmente heterogéneos (existe una diferencia grande entre capacidad de procesadores, memoria, HD) será ineficiente debido a que el middleware delegará o asignará todos los procesos al nodo de mayor capacidad de Cómputo y solo distribuirá cuando este se encuentre saturado de procesos; por eso es recomendable construir un grupo de ordenadores los más similares posibles.

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Proyectos Académicos (LIDPA), contando con el soporte de la Ing. Norma León y Richard Miguel San Martín.

Materiales

a) Hardware

- Se requiere, inicialmente, de cinco computadoras para armar el cluster FIA. Las características de estas computadoras son las siguientes:
  - Procesador: Intel Pentium 4 2.4GHz (512KB, Northwood core).
  - Memoria: 1 GB de RAM.
  - Disco Duro: 40 GB 7200 rpm IDE.

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

- Todos los nodos están conectados por un switch Fast Ethernet, Cisco Catalyst 2950, usando las tarjetas de red integradas al mainboard (placa madre) de cada nodo.

b) Software

- Para construir el cluster se usó una herramienta de software libre llamada OSCAR (Open Source Cluster Application Resource), la que facilitó enormemente la tarea de integración y configuración de los nodos.

  El proyecto OSCAR es supervisado por el grupo consultivo OCG (Open Cluster Group), un grupo informal con membresía abierta. El OCG se esfuerza por hacer de la computación en cluster más práctico para la investigación y desarrollo de la computación de alto desempeño (HPC, High-Performance Computing).

Procedimiento

La distribución de la imagen de la instalación hacia los nodos fue realizada con la tecnología PXE, un mecanismo que carga una imagen de sistema operativo desde un servidor remoto usando como medio un servidor DHCP y a través de las rutinas del ROM BIOS de la tarjeta de red. El servidor DHCP es configurado por el Asistente de instalación de OSCAR durante el paso número seis. OSCAR hace uso de la tecnología PXE para empezar la instalación de los SO de los clientes (en los discos duros locales).

El proceso de instalación del SO cliente demora alrededor de 15 minutos por nodo, y puede hacerse en todos los nodos de forma paralela.

En las figuras No. 3 y No. 4, se muestran algunas de las pantallas que permitieron instalar y utilizar todas las potencialidades de OSCAR que hicieron posible la creación del cluster FIA-USMP.

Después que la instalación de los sistemas operativos clientes estuvo completa en todos los nodos, procedimos con el paso siete del Asistente de Instalación de OSCAR, y más tarde, el paso ocho (Test cluster setup) con el cual finalizamos la instalación. Se instaló la mayoría de las aplicaciones y utilidades que venían con OSCAR. Para nombrar las más relevantes podemos mencionar, dentro de los paquetes de administración de cluster, TORQUE, MAUI, GANGLIA, en las aplicaciones para cluster, MPICH, PVM, y algunas más.

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

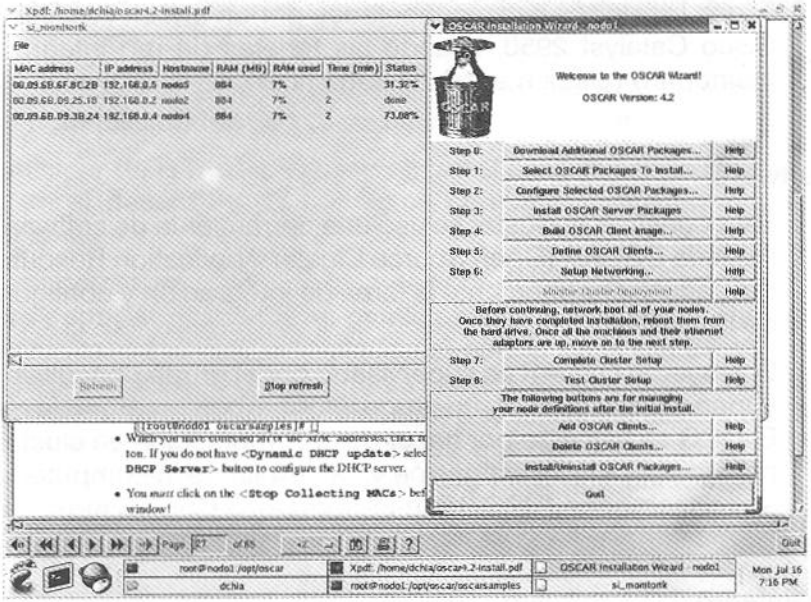


Figura 3
Screenshot de asignación de MAC address para enviar las imágenes a través de PXE.

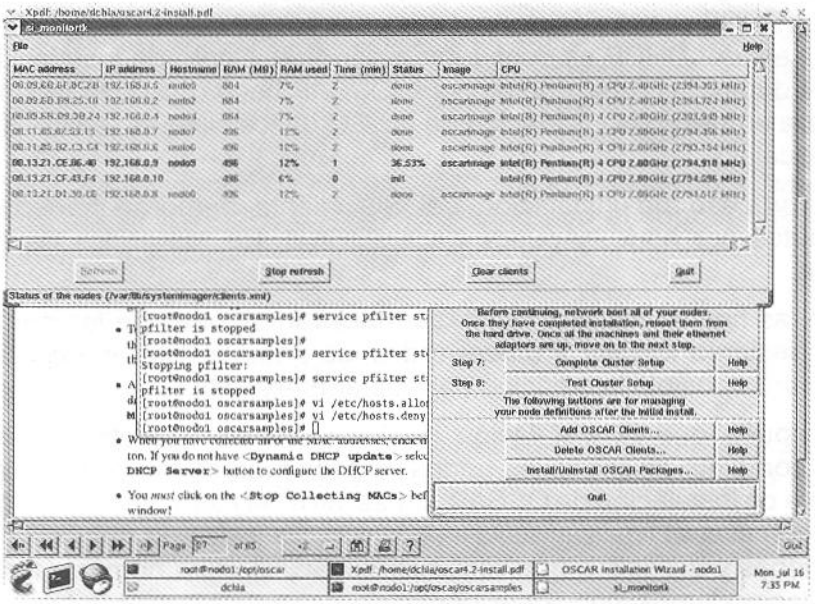


Figura 4
Screenshot de monitoreo de la instalación, en cada nodo, en forma paralela

RESULTADOS

Los resultados obtenidos hasta ahora se pueden resumir en la implementación del cluster Beowulf y las pruebas de rendimiento realizadas a través del benchmark HPL, así como la integración de los investigadores como usuarios de la infraestructura en la ejecución de sus aplicaciones.

En las primeras pruebas de rendimiento, se obtuvieron valores de hasta 7.8 Gflops (operaciones de punto flotante por segundo). En pruebas posteriores, al realizar algunos cambios, ese valor fue mejorado.

Se utilizó este benchmark por ser una herramienta que brinda una idea bastante exacta del poder de cálculo del cluster. En este caso, se configuró para que se usaran librerías de paso de mensajes MPICH en su versión 2.

La comunicación entre el nodo maestro y los nodos esclavos e inter nodos se realiza a través de la red pero se usan estas librerías que sirven para paralelizar los procesos generados por la aplicación principal.

HPL es un paquete de software que resuelve un denso sistema lineal (aleatorio) en aritmética de doble precisión (64 bits) en computadoras de memoria distribuida. Puede ser vista de este modo una implementación portable así como la disponibilidad libre del High Performance Computing Linpack Benchmark.

El paquete HPL provee un programa de testeo y medición de tiempos para cuantificar la exactitud de la solución obtenida, así como también el tiempo que demandó computarlo. El mejor desempeño que pueda lograr este software, en el sistema, depende de una variedad de factores. No obstante, asumiendo de manera restrictiva sobre la interconexión de la red, el algoritmo de la aplicación descrita y su implementación son escalables en el sentido de que su eficiencia, en paralelo, se mantiene constante respecto al uso de memoria por procesador.

El paquete de software HPL requiere que esté disponible, en el sistema una implementación de la interfaz de pase de mensajes MPI (compatible con la 1.1). Se necesita también una implementación de los subprogramas de algebra lineal básica BLAS o de la librería de procesamiento de señales de imágenes vectoriales VSIPL.

Se ha utilizado la versión 2 de MPICH como nuestra implementación de MPI.

Para la implementación de las rutinas BLAS se utilizó el GotoBLAS.

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

HPL utiliza un archivo de configuración donde se escriben algunos parámetros que la herramienta solicita para poder iniciar las pruebas de estrés de los nodos del cluster.

Para iniciar las pruebas de rendimiento se usó la configuración en el archivo HPL.dat, que se muestra en la figura No. 5.

```
HPLinpack benchmark input file
LIDPA, Facultad de Ingeniería y arquitectura, USMP
_____________________________________________________
HPL.out output file name (if any)
8 device out (6=stdout,7=stderr,file)
1 # of problems sizes (N)
20000 Ns
1 # of NBs
80 NBs
0 PMAP process mapping (0=Row-,1=Column-major)
1 # of process grids (P x Q)
1 Ps
5 Qs
16.0 threshold
3 # of panel fact
0 1 2 PFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
2 # of recursive stopping criterium
2 4 NBMINs (>= 1)
1 # of panels in recursion
2 NDIVs
3 # of recursive panel fact.
0 1 2 RFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
1 # of broadcast
0 BCASTs (0=1rg,1=1rM,2=2rg,3=2rM,4=Lng,5=LnM)
1 # of lookahead depth
0 DEPTHs (>=0)
2 SWAP (0=bin-exch,1=long,2=mix)
64 swapping threshold
0 L1 in (0=transposed,1=no-transposed) form
0 U in (0=transposed,1=no-transposed) form
1 Equilibration (0=no,1=yes)
8 memory alignment in double (> 0)
```

Figura 5

Configuración en el archivo HPL.dat

Los primeros resultados obtenidos usando este archivo de configuración fueron en promedio entre 7.79 y 7.80 Gflops y se utilizaron los cinco (5) nodos del cluster.

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

CONCLUSIONES

1. El proyecto brinda la oportunidad de hacer uso de técnicas y herramientas de apoyo a la computación científica y a los investigadores ofreciendo una infraestructura virtual donde se puedan ejecutar aplicaciones desde cualquier Facultad de la Universidad interesada en usar nuestra infraestructura.
2. El uso de clusters Beowulf es una alternativa fiable para grupos de investigación de bajos presupuestos, que les permite realizar investigación sin tener que comprar hardware costosos.
3. El uso de software libre permite acceder a tecnología como clustering o computación Grid de manera amigable y económica.
4. Este tipo de infraestructura permite a países, en vías de desarrollo, como el Perú desarrollar proyectos de investigación en cualquier ámbito de la ciencia que, de otra manera, tendría que limitarse el hardware existente o tentar la compra de equipos muy caros.
5. Los conceptos de computación paralela, distribuida, y computación en demanda se aplican en la implementación de este proyecto.
6. El uso de nuestra infraestructura permitirá a los usuarios evitarse la tarea de planificar la implementación de una infraestructura propia y mantenerla operativa.
7. El uso de herramientas para construcción de clusters como OSCAR, facilita el proceso de instalación y configuración de los nodos y que a través de herramientas e interfaces gráficas permitan realizar el proceso en contados minutos.
8. Los resultados obtenidos de las pruebas de rendimiento usando HPL demuestran que es necesario realizar mayores ajustes en la infraestructura, de modo que se puedan alcanzar mejores tasas de rendimiento.

RECOMENDACIONES

1. Mejorar las tasas de rendimiento del cluster agregando memoria, capacidad de disco y mejorar las capacidades de red agregando una tarjeta adicional a cada nodo.
2. Migrar la infraestructura a una red Gigabit Ethernet y posteriormente, hacer uso de redes de alta velocidad.
3. Difundir el uso de las capacidades de la infraestructura virtual de cómputo dentro de la Facultad y de nuestra Universidad de modo que realice un uso eficiente e intenso de esta tecnología.

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MPICH2 User's Guide, Version 1.0.5. Mathematics and Computer Science Division Argonne National Laboratory, William Gropp, et al.

How to Install an OSCAR Cluster Software Version 4.2 Documentation Version 4.2 http://oscar.sourceforge.net October 28, 2005.

OSCAR Cluster User's Guide Software Version 4.2 Documentation Version 4.2, The Open Cluster Group, http://www.openclustergroup.org, October 28, 2005.

Gropp W., Lusk, E. & Staerling, T. (2003) *Beowulf Cluster Computing with Linux, 2nd Edition*,

Hafner K. & Lyon M. (1996) *Where Wizards Stay Up Late: The Origins Of The Internet*

García , J. (2008) *«Grid: el futuro en las comunicaciones»*

ANEXO NO. 1: TIPOS DE CLUSTERS IMPLEMENTADOS

Beowulf; fue construido por Donald Becker y Thomas Sterling en 1994. Fue construido con 16 computadores personales con procesadores Intel DX4 de 200 MHz, que estaban conectados a través de un switch Ethernet. El rendimiento teórico era de 3.2 GFlops.

Berkeley NOW: el sistema NOW de Berkeley estuvo conformado por 105 estaciones de trabajo Sun Ultra 170, conectadas a través de una red Myrinet. Cada estación de trabajo contenía un microprocesador Ultra1 de 167 MHz, caché de nivel 2 de 512 KB, 128 MB de memoria, dos discos de 2.3 GB, tarjetas de red Ethernet y Myrinet. En abril de 1997, NOW logró un rendimiento de 10 GFlops.

Google: durante el año 2003, el cluster Google estuvo conformado por más de 15.000 computadores personales. En promedio, una consulta en Google lee cientos de megabytes y consume algunos billones de ciclos del CPU.

Cluster PS2, en el año 2004, en la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, Estados Unidos, se exploró el uso de consolas Play Station 2 (PS2) en cómputo científico y visualización de alta resolución. Se construyó un cluster conformado por 70 PS2; utilizando Sony Linux Kit (basado en Linux Kondora y Linux Red Hat) y MPI.

Cluster X: en la lista «TOP 500» de noviembre de 2004 fue considerado el séptimo sistema más rápido del mundo; sin embargo, para julio de 2005 ocupa la posición catorce. Cluster X fue construido en el Tecnológico

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285

de Virginia en el 2003; su instalación fue realizada por estudiantes del Tecnológico. Está constituido por 2200 procesadores Apple G5 de 2.3 GHz. Utiliza dos redes: Infiniband 4x para las comunicaciones entre procesos y Gigabit Ethernet para la administración. Cluster X posee 4 Terabytes de memoria RAM y 176 Terabytes de disco duro. Su rendimiento es de 12.25 TFlops. Se lo conoce también como Terascale.

MareNostrum, en julio de 2004 se creó el Centro de Supercomputación de Barcelona (BSC), de la Universidad Politécnica de Cataluña, España. El BSC creó el cluster MareNostrum. En noviembre de 2004 MareNostrum se ubicó en el «TOP 500», como el primer cluster más veloz y el cuarto sistema más rápido del mundo; sin embargo, para julio de 2005 se ubicó en la quinta posición. Está conformado por 3564 procesadores PowerPC970 de 2.2 GHz. Utiliza una red Myrinet. Su rendimiento es de 20.53 TFlops.

Thunder: fue construido por el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore de la Universidad de California. Está conformado por 4096 procesadores Intel Itanium2 Tiger4 de 1.4GHz. Utiliza una red basada en tecnología Quadrics. Su rendimiento es de 19.94 TFlops. Se ubicó en la segunda posición del «TOP 500» durante junio de 2004, luego en la quinta posición en noviembre de 2004 y en la lista de julio de 2005, se ubicó en la séptima posición.

ASCI Q: fue construido en el año 2002 por el Laboratorio Nacional Los Álamos, Estados Unidos. Está constituido por 8192 procesadores AlphaServer SC45 de 1.25 GHz. Su rendimiento es de 13.88 TFlops. Se ubicó en la segunda posición del «TOP 500» durante junio y noviembre de 2003, luego en la tercera posición en junio de 2004; en la sexta posición, en noviembre de 2004 y en la duodécima posición en julio de 2005.

* mcaceres@usmp.edu.pe

ISSN: 1817-0285