

Laboratorios de computación como cluster HPC

Armin Lürer¹, Jaime Bustos¹

¹ Universidad de La Frontera, Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración, Departamento de Ingeniería de Sistemas, Laboratorio de Ingeniería Aplicada, Fco Salazar 01145 Casilla 54-D, Temuco, Chile

arminluer@gmail.com, jbastos@ufro.cl

Resumen. El presente artículo propone el diseño de un sistema de cómputo de alto rendimiento, en el que se utiliza un laboratorio de computación como un cluster durante el tiempo en que no se está utilizando para realizar clases. Para esto, se comienza describiendo la infraestructura típica con la que se cuenta en un laboratorio de computación, para posteriormente detallar el sistema propuesto, sus características y como se integraría a una instalación existente de forma transparente para los usuarios. Dentro de las características de este sistema, se mencionan sus fortalezas y debilidades. Finalmente se plantean aplicaciones posibles que podrían dársele, considerando las particularidades de su arquitectura funcional.

1. Introducción

La Ingeniería se conoce como la disciplina que busca encontrar una o varias soluciones a un problema, tal que se respeten restricciones como el tiempo disponible, los recursos económicos existentes, la legislación vigente, etc.

Una de las técnicas de resolución de problemas de Ingeniería más frecuentemente utilizadas hoy en día corresponde al uso de algoritmos computacionales eficientes.

En este ámbito, la obtención de una solución de un determinado problema está acotada principalmente por el tiempo disponible para dicha tarea.

Por otra parte, los recursos computacionales, en la forma de equipos personales de escritorio o portátiles presentan costos asequibles para las distintas entidades que los utilizan.

Es por esto que comúnmente se habilitan laboratorios de computación, donde se imparten clases sobre contenidos de especialidades, o bien como parte de la formación básica en ésta.

El presente artículo busca explorar posibles respuestas a la interrogante: ¿Qué hacer con dichos recursos, cuando no se estén utilizando?

Se plantea por este motivo un sistema que permite utilizar los computadores cuando no se estén ocupando en clases, para conformar un cluster de computadores, orientado hacia el alto rendimiento, llamado cluster

HPC (High Performance Computing), como se menciona en [1].

Un cluster de computadores es una máquina de procesamiento paralelo, que utiliza hardware débilmente acoplado, es decir, un conjunto de máquinas, cada una de las cuales se denomina nodo, que se encuentran conectadas entre sí mediante una red de comunicaciones de alta velocidad, las que son coordinadas mediante un equipo especializado llamado nodo maestro o front-end-node, en inglés.

El artículo se encuentra estructurado de la siguiente forma: la sección 2 trata sobre antecedentes generales del tema, como experiencias similares, tecnología disponible, entre otros. La sección 3 trata sobre la configuración que se suele encontrar en un laboratorio de computación. La sección 4 describe el sistema propuesto, para continuar en la sección 5 con las fortalezas y debilidades del sistema. Finalmente la sección 6 trata sobre las aplicaciones y proyecciones de un sistema de estas características.

2. Antecedentes generales

El uso de un laboratorio de computación como un cluster HPC presenta diversas particularidades que deben ser estudiadas, y que se detallan a continuación.

- Transparencia para los usuarios habituales del sistema: se requiere que el sistema no entorpezca el normal desarrollo de una clase

cuando el sistema no esté operando como un cluster HPC.

- Configuración requerida para su operación: el cambio al modo de cluster HPC debe ser rápida y sin complicaciones para los operadores y administradores de los sistemas, así como para los usuarios de la potencia de cómputo.
- Arquitectura de red existente: como el uso habitual de los laboratorios es ser el lugar de clases, la red utilizada (comúnmente del tipo Ethernet) no es adecuada para grandes transferencias de datos o una comunicación intensiva entre los computadores. Esto acota el espectro de algoritmos paralelos que se pueden utilizar con buenos resultados. Esto se debe a que el empaquetamiento de los datos para ser transmitidos por la red lo realiza el procesador central, y no hardware especializado, lo que ralentiza el proceso de transferencia.
- Nivel de flexibilidad a modificaciones de configuración: al realizar un cambio en los ajustes del sistema, se debe poder propagar dicho cambio de forma rápida y sencilla. Algunos aspectos específicos son el soporte para la conexión y desconexión de recursos, y la capacidad de mantener un conjunto de software actualizado para todo el cluster.
- Escalabilidad: el sistema debe soportar una cantidad variable de máquinas, las que deberán ser detectadas y habilitadas en forma transparente a los usuarios del cluster. El sistema debe soportar además una carga de trabajo intensa en el periodo que se encuentre procesando, sin ir en desmedro de su uso como laboratorio.

3. Situación típica de un laboratorio de computación

De acuerdo a la experiencia de los autores, habitualmente los laboratorios de computación constan de una cantidad variable de máquinas, que están por lo general entre 20 y 50.

Las máquinas son homogéneas, y la arquitectura de red predominante es Ethernet, ya sea utilizando NICs (Network Interface Card – Tarjeta de interfaz de red) integradas en la placa madre del computador o como

tarjetas de expansión. La homogeneidad de hardware es un punto que juega a favor, pues la situación contraria no es trivial de ser manejada, como se comenta en [2].

Junto con esto los computadores poseen habitualmente algún sistema de restauración del sistema operativo, para facilitar su mantención y utilización.

4. Sistema propuesto

En base a lo anterior, se propone lo siguiente: instalar un computador que haga las veces de frontend-node, con las siguientes particularidades, respecto a un cluster HPC tradicional (también llamado cluster Beowulf, según [3]):

- Tener instalado un sistema operativo GNU/Linux como Ubuntu, véase [4]. Esto permite realizar una implementación invirtiendo sólo en hardware, al utilizarse software libre. Se supone la existencia de personas capacitadas en el uso de estos sistemas informáticos.
- Contar con todos los servicios necesarios para realizar un arranque por red de los nodos del cluster, como el proyecto presentado en [5], llamado DRBL y que permite convertir cualquier estación de trabajo GNU/Linux en un servidor de arranque por red. Existen otros proyectos para desarrollar entornos más generales, como la experiencia presentada en [6], donde se montó un cluster HPC de 1024 nodos, utilizando para todo el sistema un disco duro, con excelentes resultados. Destaca la fácil reconfiguración de los nodos, mediante un simple reinicio de la máquina correspondiente.
- Estar configurado como un enrutador NAT (véase [7]), que permita el acceso de los nodos a Internet, tanto si se están utilizando como un laboratorio de computación o como un cluster HPC. Con esto se evitaría la necesidad de contar con dos máquinas distintas para cumplir ambos roles.
- Tener instalado todo el software necesario para realizar procesamiento en paralelo, tales como un sistema de monitoreo (como Ganglia, véase [8]), una interfaz de paso de mensajes entre procesos (basadas en el estándar MPI, véase [9]), librerías científicas de uso general, etc.

5. Fortalezas y debilidades

El presente sistema cuenta con las siguientes fortalezas:

- Nula inversión monetaria en software, porque se usarían programas de código abierto (Opensource en inglés).
- Transparencia para los usuarios, pues el sistema puede utilizarse como router NAT para el laboratorio en horario de clases.
- Baja dependencia del hardware presente, por la cantidad de NICs soportadas por el kernel Linux, ni la necesidad de detectar hardware especializado como tarjetas de sonido, edición, aceleración gráfica, etc.
- No altera el sistema de archivos de los computadores utilizados, pues todo funciona gracias a la red de comunicaciones locales (LAN) existente. Existe un sistema centralizado de archivos compartidos por red.
- Permite realizar cambios en la configuración y propagarlos rápidamente, simplemente reiniciando los nodos.
- Da un mejor uso a los laboratorios de computación cuando no se estén utilizando para clases.

Por otra parte, posee las siguientes debilidades:

- La capacidad de la red para manejar un alto nivel de comunicación entre las máquinas acota el espectro de aplicaciones a ejecutar eficientemente.
- Necesidad de reiniciar los computadores para que pasen a formar parte del cluster HPC.
- Posible heterogeneidad de hardware, que podría generar problemas de incompatibilidad de las NICs, mal balance de carga, etc.

6. Aplicaciones y proyecciones

Como se ha discutido en las secciones anteriores, esta implementación de cluster HPC se encuentra limitada principalmente por el nivel de comunicación posible entre los proceso sin sufrir una disminución del rendimiento del sistema debido a la red.

Es por esto que los algoritmos que se ejecuten en él deberán ser intensivos en cálculo, y que permitan que

los procesos se comuniquen de forma esporádica y concisa.

Un ejemplo de esto son las iniciativas que abarca el proyecto BOINC (véase [10]). En ellas, a cada procesador se le asigna una cantidad de trabajo, que es realizado y reportándose los resultados a un servidor especializado.

Una de las iniciativas más emblemáticas de este proyecto es SETI@home, que procesa los datos recibidos por un radiotelescopio en busca de señales de vida inteligente en el espacio. Los datos se dividen en paquetes, que son procesados por computadores de todo el mundo. Actualmente existen clusters HPC dedicados a procesar datos provenientes de esta iniciativa, así como otras, entre las que se encuentran Folding@home, que calcula las propiedades estructurales de proteínas al plegarlas. Esto es relevante en la investigación farmacológica y en la búsqueda de curas a enfermedades como el cáncer o el VIH.

Otra aplicación es la ejecución de metaheurísticas para la resolución de problemas de optimización presentes en diversas disciplinas, tales como Investigación de Operaciones y Bioinformática.

Por otra parte, al analizar las proyecciones del desarrollo de un sistema de éste tipo, existen algunas interesantes, como:

- Implementar este sistema en varios laboratorios simultáneamente, cada uno de los cuales correspondería a un cluster HPC. Tras esto, sería relevante combinar el poder computacional de estos sistemas para crear un Grid de computadores, es decir un conjunto de clusters comunicados para procesar grandes cantidades de datos.
- Investigar la aplicabilidad de hardware acelerador, tales como tarjetas de video nVidia que soporten la tecnología CUDA (véase [11] para una aplicación interesante). Esto permitiría disponer de un gran poder para realizar operaciones de punto flotante. Además dicho hardware es intrínsecamente paralelo, lo que permitiría elaborar algoritmos que se ejecuten en forma autónoma en cada máquina, y que finalmente reporten los resultados obtenidos, como actualmente se está haciendo en el proyecto BOINC, mencionado anteriormente.

7. Conclusiones

En este artículo se analizaron las particularidades del entorno donde se debería instalar y se planteó una solución.

El sistema propuesto se perfila como una forma de aprovechar los recursos presentes en los laboratorios de computación, cuando no se están utilizando en clases.

Además, cumple conceptualmente con los requisitos establecidos y es una alternativa económica, pues se utilizan en su mayoría recursos existentes e infrautilizados.

Dentro de las proyecciones de este trabajo están la elaboración de un estudio en profundidad de la configuración y operación de un sistema de este tipo; y el desarrollo de aplicaciones utilizando las arquitecturas revisadas.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado en las dependencias del Laboratorio de Ingeniería Aplicada del Departamento de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de La Frontera.

Referencias

- [1] S.Aydin, O.F. Bay: Building a high performance computing clusters to use in computing course applications. *Procedia Social and Behavioral Science* vol n 1 pp.2396-2401 (2009)
- [2] Y.Kishimoto, S.Ichikawa: Optimizing the configuration of a heterogeneous cluster with multiprocessing and execution-time estimation. *Parallel Computing* vol n 31 pp.691-710 (2005)
- [3] C.Bookman: Clustering con Linux. Primera Edición, Madrid, Pearson Educación, (2003)
- [4] Canonical: Ubuntu Home Page. <http://www.ubuntu.com/> (2009)
- [5] National Center for High-Performance Computing: DRBL: Diskless Remote Boot in Linux. <http://drbl.sourceforge.net/> (2009)
- [6] E.A.Hendriks, R.G.Minnich: How to build a fast and reliable 1024 node cluster with only one disk. *Journal of Supercomputing* vol n 36 pp.171-181 (2006)
- [7] E.F.Spinella: Redes GNU/Linux. Primera Edición, Buenos Aires, Gradi, (2007)
- [8] Ganglia Monitoring System: Ganglia Monitoring System. <http://ganglia.sourceforge.net/> (2009)

- [9] Argonne National Laboratory: MCS Division: MPICH. <http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpi/mpich1/> (2005)
- [10] University of California: BOINC. Programas de código abierto para computación voluntaria y computación en red (grid). <http://boinc.berkeley.edu/> (2009)
- [11] G.J.Katz, J.T. Kider,Jr.: All-pairs shortest-paths for large graphs on the GPU. En *SIGGRAPH/EUROGRAPHICS Conference On Graphics Hardware*, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2008, pp 47-55 (2008)