

## **Construcción de una Grid Interinstitucional en México.**

Instituciones participantes:

- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)
- Universidad de Guadalajara (UdeG)
- Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV)

Coordinadores:

- José Luis Gordillo Ruiz (UNAM)
- José Luis Briseño Cervantes (CICESE)
- Carmen E. Rodríguez Armenta (UdeG)
- Juan Carlos Rosas Cabrera (UAM)
- Arturo Díaz Pérez (CINVESTAV).

Coordinador general: José Luis Gordillo Ruiz.

Informe Técnico Final.

- 1.- Introducción.
- 2.- Actividades realizadas.
- 3.- Objetivos alcanzados.
- 4.- Conclusiones y trabajo futuro.

### **1.- Introducción.**

El proyecto “**Construcción de una Grid Interinstitucional en México**” ha tenido como objetivo primordial la construcción de una grid que sirva como infraestructura de pruebas para el desarrollo de tecnologías de grids a nivel nacional. Dicho objetivo ha sido alcanzado, de modo que existe en la actualidad la Grid Académica Mexicana (GRAMA), lista para ser utilizada como la infraestructura de pruebas mencionada anteriormente.

Como grid entendemos una infraestructura de hardware, software y comunicaciones que permite la integración de equipos de cómputo localizados en diferentes sitios geográficos, y que pueden ser utilizados de manera compartida y transparente por una comunidad específica. En GRAMA, la infraestructura de hardware ha sido constituida a partir de equipos de cómputo en cada una de las instituciones participantes; la infraestructura de software ha sido constituida a partir de los estándares actuales de construcción de grids y de acuerdo a necesidades generales de las comunidades participantes; la infraestructura de comunicaciones utilizada ha sido la red CUDI y las infraestructuras de red locales propias de las comunidades participantes.

Algunas características particulares de GRAMA son:

- 1.- Es interinstitucional, es decir, está constituida a partir de hardware perteneciente a diferentes instituciones, manteniendo las políticas locales de uso.
- 2.- Es heterogénea. Las instituciones no han necesitado adquirir hardware homogéneo para participar en el proyecto, sino que han utilizado los equipos que ya poseían. Estos equipos son de diferentes tipos de arquitecturas, lo cual introduce una variable más al manejo de la grid en su conjunto.
- 3.- Es de uso compartido. Las pruebas de grid se han realizado con los equipos funcionando en su modo de producción habitual. No se ha requerido que las instituciones participantes proporcionen un equipo de cómputo dedicado exclusivamente al proyecto.

A continuación se describen las actividades que se llevaron a cabo durante la duración del proyecto, en forma comparativa con las planeadas al inicio; en adición, se destacan las aportaciones clave de cada actividad a la consecución de los objetivos del proyecto.

## **2.- Actividades realizadas.**

### **Etapas 1: Revisión.**

La etapa de revisión tuvo como propósito definir las capacidades de hardware, software y conectividad con las que se podía iniciar el proyecto. Se llevó a cabo en dos actividades: inventarios y conectividad.

Inventarios.

Se llevó a cabo el inventario de hardware, el cual consiste en un listado de los equipos pertenecientes a cada institución y en el cual se describen tanto las características de hardware – tipo de procesadores, tamaño de memoria, capacidad de almacenamiento, arquitectura, etc.- como de software –sistema operativo, compiladores, aplicaciones-. Una de las principales utilidades de este inventario es que proporciona una idea global del poder de cómputo que puede alcanzarse al unir los recursos de varias instituciones. Así, las instituciones participantes de GRAMA reúnen un total de 435 procesadores y aproximadamente 300 GBytes de RAM. En el anexo “Inventario” se muestra el inventario completo.

Conectividad.

Las actividades relacionadas con la conectividad resultaron de las de mayor interés dentro del proyecto, tanto para los integrantes como para otros miembros de CUDI. Estas actividades se dividieron en dos: trazado del mapa de conectividad y realización de pruebas para medir anchos de banda. Los resultados de ambas actividades se muestran en el documento anexo “Pruebas de Conectividad”. Entre las conclusiones más importantes que resultaron de estas actividades está el hecho de que dos equipos conectados a través de la red CUDI no necesariamente tienen disponible un ancho de banda específico de varios megabits por segundo.

### **Etapas 2: Capacitación.**

La etapa de capacitación tuvo como propósito intercambiar experiencias tanto en la administración y uso de los recursos de cómputo de alto rendimiento de los diferentes participantes, así como determinar los elementos a utilizar para construir la capa de software de la grid. Uno de los aspectos fundamentales de las actividades de capacitación fue la participación de expertos de otras instituciones, ya que el aporte de su experiencia permitió un desarrollo mucho más rápido del proyecto. Las actividades realizadas fueron dos reuniones presenciales.

1ª Reunión Presencial.

Esta reunión se llevó a cabo en la ciudad de Guadalajara, y fue organizada por los académicos de la UdeG participantes del proyecto. La reunión tuvo una duración de tres días, y las actividades fueron: mesa de trabajo con expertos de la compañía IBM; presentación de cada uno de los grupos participantes: recursos de sus centros de cómputo de alto rendimiento (CAR), métodos de administración, distribución de cargas de trabajo, experiencias en grids; sesión final de conclusiones y acuerdos.

En general, la reunión cumplió con los siguientes objetivos: servir como punto de arranque para los trabajos del proyecto; integrar y cohesionar al grupo de trabajo; permitir al grupo conocer con

mayor detalle los tipos de centros de CAR participantes, sus problemáticas y sus esquemas de manejo de recursos; tomar acuerdos sobre los pasos a seguir en el desarrollo del proyecto. Además, se crearon los diferentes grupos de trabajo: redes, middleware, seguridad, aplicaciones y organización

## 2ª Reunión presencial.

Esta reunión se llevó a cabo en la ciudad de México, y fue organizada por los académicos de la UNAM participantes del proyecto. La reunión tuvo una duración de tres días, y las actividades fueron: reporte de actividades (pruebas de conectividad, instalación de software básico para grid) de las instituciones participantes; conclusiones de las pruebas de conectividad; participación de Antonio Fuentes, coordinador de la organización pública española IRIS/GRID, quien explicó las bases y operación de los proyectos nacionales de grid en España y asesoró al grupo tanto en cuestiones de organización como de software para grids; participación de Yoshio Tanaka, quien participa en varios proyectos de grid a nivel mundial, y labora en el Instituto Coreano de Ciencias y Tecnologías de Información. Yoshio Tanaka presentó una charla por videoconferencia acerca de los retos a superar para alcanzar un nivel de producción en las tecnologías de grids.

En general, la reunión cumplió con los siguientes objetivos: sirvió para consolidar los avances efectuados hasta la fecha de esta reunión; se pudo discutir acerca de los resultados de las pruebas de conectividad, y obtener las conclusiones pertinentes; con la asesoría de Antonio Fuentes, se clarificaron varios conceptos e ideas acerca de la organización de la grid, y se obtuvieron muy buenas recomendaciones acerca de los pasos a seguir y del software a utilizar; se llegó a acuerdos importantes para distribuir entre los participantes los diferentes servicios necesarios para operar la grid.

### **Etapa 3: Configuración y pruebas.**

Esta etapa consistió en la configuración de los servicios proporcionados por el Globus Toolkit 2, que es el software básico para la construcción de grids, así como otros servicios, bibliotecas y herramientas para la operación y utilización de la infraestructura de grids. A continuación se describen brevemente los servicios instalados. En los reportes por institución se hace una descripción más detallada de las actividades involucradas en esta etapa.

Globus Toolkit 2. Se instalaron todos los servicios tanto clientes como servidores. Este software proporciona: los servicios de autenticación (de usuarios, equipos de cómputo y otros servicios) necesarios para la interacción segura y confiable entre elementos participantes en la infraestructura de grids; los servicios de manejo de recursos para ejecutar y controlar procesos en máquinas remotas; los servicios de manejo de información de los recursos pertenecientes a la infraestructura de la grid; los servicios de manejo de archivos desde y hacia los recursos pertenecientes a la infraestructura de la grid. El Globus Toolkit 2 fue instalado en varios equipos de las diferentes instituciones participantes.

Autoridad Certificadora. Para el correcto funcionamiento de los servicios de autenticación es necesario contar con una o más “autoridades certificadoras”, que son las entidades encargadas de firmar los certificados de autenticación de cada elemento participante en la grid. Inicialmente, para realizar las pruebas pertinentes cada institución instaló su propia autoridad, sin embargo, al final se decidió que era más práctico que una sola institución fungiera como la autoridad certificadora de toda la infraestructura. Este rol fue encargado al CICESE.

Servicio global de información (GIIS). Es deseable que en cada infraestructura de grid exista un servicio global de información, que concentra y publica la información de todos los recursos de la grid. Este servicio es operado por la UNAM.

Servicios de Monitoreo. Existe un servidor de monitoreo, el cual publica a través de una página web el estatus de todos los recursos de la grid. Este servidor es operado por la UNAM.

Biblioteca MPICH-G2. MPICH-G2 es una biblioteca que permite convertir un programa paralelo que utiliza MPI en un programa paralelo capaz de utilizar la infraestructura de una grid. Esta biblioteca fue instalada en las diferentes instituciones.

Pruebas de aplicaciones. Como se describe en los reportes de cada institución, se llevaron a cabo diferentes pruebas de aplicaciones en la infraestructura de GRAMA. Cabe destacar la demostración realizada durante la Reunión de Otoño CUDI 2004, en donde se realizó un experimento que involucró una computadora en Acapulco, una computadora en la UNAM y una computadora en el CICESE. A través de los servicios de grid y otros servicios de Internet 2 se presentó en vivo la “renderización” de una imagen, en donde los procesos computacionales se llevaron a cabo en computadoras de la grid instaladas en UNAM y CICESE, mientras que la imagen resultante se desplegó en la computadora de Acapulco. La infraestructura de grid permitió que todo este experimento fuera realizado mediante un solo mando, siendo los servicios pertinentes los encargados de negociar el acceso, creación de procesos, comunicación y despliegue en los diferentes recursos involucrados.

### **Otras actividades.**

Además de las actividades ya descritas, se realizaron las siguientes:

Gestiones para la adquisición en donación de un equipo de cómputo de alto rendimiento. Se consiguió que dos empresas privadas hicieran una donación de equipo de cómputo de alto rendimiento, consistente en 6 nodos con dos procesadores Itanium 2. Dicho equipo está integrado a la infraestructura de GRAMA, y su uso es dedicado completamente a las actividades de dicha organización.

Se obtuvo el dominio de internet [grama.org.mx](http://grama.org.mx). Este dominio es actualmente utilizado para la página electrónica de la organización GRAMA, y se está trabajando para integrar todos los servicios asociados (listas de correo, repositorios, servicios de información y monitoreo, etc.).

Se elaboró la página electrónica [www.grama.org.mx](http://www.grama.org.mx). Esta página tiene como propósito la publicación de resultados, de información concerniente a la organización GRAMA, servir como contacto con la comunidad en general, y como medio de intercambio de documentos entre los miembros.

Se elaboraron diferentes listas de correo electrónico para la interacción entre los miembros de la organización GRAMA, así como con la comunidad en general.

Se participó en diversos foros para difundir los avances del proyecto, y promover el uso de grids computacionales y la integración de más instituciones a la organización GRAMA. Entre estos foros están: Reunión de Primavera CUDI 2004, Día virtual CUDI en la Universidad de Sonora, Día virtual CUDI sobre grids computacionales, Semana Nacional de Supercómputo, Reunión de Otoño CUDI 2004 y V Semana de Supercómputo.

### **3.- Objetivos alcanzados.**

Los resultados concretos que se esperaba obtener al finalizar el proyecto fueron:

- a) Una infraestructura de hardware, consistente de al menos un equipo de cómputo de alto rendimiento en cada institución, conectado a los demás equipos mediante una red con altas capacidades de ancho de banda y calidad de servicio.

- b) Una infraestructura de software, que gestionara el acceso y uso compartido de los recursos de hardware.
- c) Un esquema de autenticación y seguridad para el uso de la infraestructura de grid (hardware + software).
- d) Resultados de aplicaciones ejecutadas en la grid, que demostraran la factibilidad de su uso.

De los resultados de las actividades descritas con anterioridad, puede concluirse que estos resultados concretos fueron completamente alcanzados. Se cuenta con la infraestructura de hardware, que incluye equipos de cómputo de alto rendimiento en cada institución participante, además de un equipo que fue donado y que se encuentra completamente dedicado a la organización GRAMA, todos ellos conectados directamente a la red CUDI, y con los servicios de software y autenticación necesarios para su uso seguro y compartido. Se ejecutaron diversas aplicaciones en esta infraestructura, destacando la demostración en vivo realizada en la Reunión de Otoño CUDI 2004.

Los resultados concretos y actividades realizadas tuvieron como propósito alcanzar los siguientes objetivos particulares:

- a) Intercambiar las ideas, asimilaciones y experiencias generados gracias a los esfuerzos particulares de los diferentes centros de cómputo de alto rendimiento participantes. Las reuniones presenciales sirvieron para alcanzar este objetivo. En ellas se describió el trabajo que cada institución había realizado previamente, y se discutieron los diferentes recursos y esquemas de administración y uso de cada una de ellas.
- b) Obtener una mayor experiencia y entrenamiento en la implementación y operación de infraestructuras de grid. A través de las diferentes actividades se obtuvieron los conocimientos necesarios para participar en la implementación de grids computacionales, a tal grado que la infraestructura de GRAMA es operacional. A su vez, diferentes instituciones de GRAMA participan al momento en otros proyectos de grids.
- c) Examinar la capacidad de la red de cada institución, dado el tráfico generado por aplicaciones de grid, tanto en comunicación de procesos como en transferencia de archivos. Se examinó la capacidad de la red CUDI y de la red de cada institución a través de las pruebas de conectividad. Los resultados presentados pueden ser de gran utilidad no sólo para la ejecución de aplicaciones de grid en el marco de GRAMA u otros proyectos similares, sino para cualquier aplicación de Internet 2.
- d) Aprovechar esta experiencia para sugerir modificaciones a la red CUDI para lograr un mayor rendimiento en las aplicaciones de grid. En los resultados de las pruebas de conectividad se señalan algunos de los aspectos a considerar en la operación de la red CUDI y que podrían estar afectando el rendimiento de la misma.
- e) Construir una grid de pequeña escala, que sirva como plataforma de experimentación de diversos esquemas de operación y uso. La infraestructura actual de la organización GRAMA representa esta grid de pequeña escala, la cual contiene todos los elementos necesarios para continuar con la experimentación de proyectos de computación en grids.
- f) Proponer, implementar y evaluar diferentes políticas de integración, operación y utilización de una grid. No se pudo alcanzar totalmente este objetivo, debido a que resultó demasiado ambicioso. A la conclusión del proyecto se ha podido mostrar solamente la factibilidad de algunas políticas, como son las de autoridades certificadoras y servicios de información.
- g) Evaluar la factibilidad de la construcción de una grid nacional, tanto en términos técnicos como organizacionales. La conclusión a la que se ha llegado es que, en términos generales, las tecnologías de grid todavía no alcanzan la madurez necesaria para servir como una infraestructura de producción. Hacen falta todavía herramientas de alto nivel que permitan la fácil incorporación y utilización coordinada de recursos, el manejo de diferentes grados de heterogeneidad en los equipos, el buen balance de cargas de trabajo entre los recursos, etc. Sin embargo, con las herramientas actuales es posible construir infraestructuras de evaluación en donde puedan llevarse a cabo proyectos experimentales de cómputo en grid y a la vez puedan producir resultados científicos relevantes.

- h) Fomentar, tanto entre los potenciales usuarios como entre los potenciales proveedores de recursos las tecnologías de grid. La participación en los diversos foros sirvió para dar a conocer los esfuerzos realizados en el marco de este proyecto a la comunidad en general. El resultado fue satisfactorio en la medida en que diferentes centros de cómputo de diversas universidades están interesados en sumarse al proyecto; así como en la medida en que diferentes proveedores participaron como asesores y como donantes de recursos. Sin embargo, es necesario llevar a cabo una mayor difusión entre los grupos de investigación que pueden ser los principales usuarios de esta tecnología.

#### **4.- Conclusiones**

Quizá uno de los puntos que más vale la pena resaltar con respecto a este proyecto es que de ninguna manera se aspiraba a terminar con una grid nacional que constituyera una infraestructura de cómputo lista para usarse de manera transparente. Más bien, a lo que se aspiraba era a iniciar de manera formal un proyecto de grid que involucrara a diferentes instituciones, para resolver en alguna medida el rezago existente en el país con respecto a la experimentación en estas tecnologías. De esta manera, los objetivos más importantes fueron: el construir una grid experimental de pequeña escala, y sentar las bases para el desarrollo futuro de una infraestructura de grid a nivel nacional, que sirva como un recurso de cómputo de gran escala para la investigación científica.

La construcción de la grid experimental ha permitido a un mismo tiempo conocer las dificultades técnicas para la implementación de grids computacionales; los mecanismos que deben utilizarse para tal fin; algunos aspectos a considerar en términos organizacionales; y el estado actual de estas tecnologías. En cuanto a los aspectos técnicos y estado actual, se encontró que el software y la documentación necesarios para implementar los servicios básicos de una grid ya están suficientemente estandarizados, y se encuentran al alcance de cualquier centro de cómputo con recursos humanos experimentados en administración de servicios; sin embargo, los servicios más avanzados, así como las aplicaciones que pueden aprovechar la grid, aún se encuentran en fase de investigación, experimentación y/o desarrollo. A su vez, el estado actual de las redes de interconexión en las instituciones no favorecen la utilización de los equipos de cómputo en un ambiente de grid. Es claro que la dirección a tomar es presentar, en la medida de lo posible, ejemplos de trabajos de investigación que pueden aprovechar la actual infraestructura de grid, y esforzarse por demostrar que una conectividad más apropiada redundaría en una infraestructura más poderosa y robusta, y por lo tanto en una mayor y mejor utilización. En cuanto a aspectos de organización, se encontró que los temas que cubren las tecnologías de grids son de una gran variedad, por lo que es importante establecer grupos de trabajo independientes, que puedan interactuar con fluidez para resolver los problemas concretos en temas como seguridad, redes, middleware y aplicaciones. Es necesario hacer notar la importancia de que los operadores de las diferentes redes de interconexión tengan una relación estrecha con la comunidad de grids, para identificar y resolver de la mejor manera posible cualquier problema en la infraestructura de telecomunicaciones. También es de destacar el hecho de que la instalación, configuración y operación de grids, la utilización y/o el desarrollo de aplicaciones, etc. requieren de los recursos humanos adecuados y suficientes. Finalmente, debe resaltarse la importancia de interactuar con otros proyectos de grids a nivel internacional, pues esto trae la ventaja de asimilar otras experiencias, lo que acelera el desarrollo de la implementación de estas nuevas tecnologías, además de establecer lazos que puedan resultar en la constitución de proyectos de grids de mayor envergadura.

Por otro lado, el desarrollo de este proyecto ha derivado en la organización GRAMA, constituida por los participantes del mismo. GRAMA cuenta en la actualidad con los equipos de cómputo de alto rendimiento que integran la grid experimental construida en este proyecto –lo que incluye el equipo con procesadores Itanium 2 que fue donado a la organización-, servicios de emisión de certificados, de información centralizada de recursos, de monitoreo centralizado de recursos, y diferentes mecanismos de interacción. A la vez, se cuenta ya con la experiencia en la instalación y configuración de los servicios que es necesario implementar para integrarse a la organización, ya

sea como usuarios o como aportadores de recursos. Se espera que otras instituciones se integren a GRAMA, de manera que esta organización sea la base del desarrollo futuro en grids computacionales en México.