

DISEÑO DE UN PROTOCOLO METAPLANIFICADOR DE PLATAFORMAS GRID

Rodolfo Leonardo Sumoza Matos⁽¹⁾, José Lisandro Aguilar Castro⁽²⁾
rsumoza@fdi.ucm.es, aguilar@ula.ve

⁽¹⁾Grupo de Análisis, Seguridad y Sistemas (GASS)
Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial
Facultad de Informática, Despacho 431
Universidad Complutense de Madrid (UCM)
C/ Profesor José García Santesmases s/n
Ciudad Universitaria, 28040 Madrid
<http://gass.ucm.es>.

⁽²⁾CESIMICID, Escuela de Sistemas,
Facultad de Ingeniería
Universidad de Los Andes
Mérida, Venezuela, 5101.

Abstract—Considerando que las implementaciones prácticas de los sistemas Grids o ubicuos aún no han conseguido utilizar esquemas de planificación global eficientes, debido en gran parte a la complejidad de tal tarea. Este trabajo propone un Metaplanificador basado en Protocolos de Interacción de Sistemas Multiagentes, el cual se oriente a utilizar el paradigma de los modelos económicos como dinámica de interacción en la GRID.

The implementations of the Grids or ubiquitous systems still have not reached to use efficient schemes of metascheduling, principally due to the complexity of this task. This work proposes a Metascheduling based on Multiagents System's Interaction Protocols, it is orientated to use economic models on the Grid's dynamic interactions.

I. INTRODUCCIÓN

La GRID está orientada a dar respuesta a un gran conjunto de necesidades de ámbito computacional, que los sistemas tradicionales no han sido capaces de hacerlo, como lo es el compartir la gran capacidad de cálculo y almacenamiento disperso geográficamente [11], [12], [13]. Esta área presenta una gran cantidad de temas que aun necesitan ser ampliamente investigados, tales como el de la Metaplanificación. Este trabajo se orienta a estudiar el tema de la computación global o ubicua, particularmente los ambientes GRIDs o mallas computacionales, los cuales hoy en día presentan un terreno fértil para la investigación. Se estudia el problema de planificación a largo plazo, llamada también planificación global o metaplanificación, en plataformas GRIDs. Específicamente, se desarrolló un protocolo basado en Sistemas Multiagentes que se encarga de coordinar los procesos de la planificación a largo plazo. En la Sección 1 se presenta el marco referencial, que comprende una revisión de los estudios previos acerca del tema, los aspectos teóricos y conceptuales. En la Sección 2 se presenta la propuesta, donde se describen los métodos, técnicas y procedimientos utilizados. Se utilizaron los diagramas de protocolos, con sus respectivas semánticas. En [21] se

presenta la parte experimental donde se muestran las pruebas realizadas al protocolo propuesto, estas pruebas se basan en el modelado y la simulación, y específicamente se utilizó como herramienta de simulación el SimGrid, que es una librería escrita en lenguaje C. En ese mismo trabajo se presenta el diseño del experimento implementado en la simulación para generar los datos de prueba, y posteriormente se presenta el análisis de los resultados obtenidos.

II. MARCO REFERENCIAL

La metaplanificación debe decidir si se aceptarán nuevas solicitudes introducidas en la plataforma, y debe garantizar la calidad del servicio a ofrecer para cada aplicación considerando la disponibilidad de recursos, maximizando el rendimiento esperado de la plataforma, optimizando los tiempos de respuesta, entre otros aspectos [2], [4], [8].

Este tipo de interacción tiene similitud con los procesos de oferta y demanda estudiados en las ciencias de economía y administración, por eso es interesante pensar en la idea que la planificación global debe tratar de encontrar la mejor combinación oferta y demanda de recursos, considerando algunas restricciones como: problemas en la red, intermitencia en la prestación de un servicio por parte de algún recurso, etc.

La idea de base es aprovechar las bondades que ofrecen los Sistemas Multiagentes (SM), tales como su capacidad para resolver problemas de manera distribuida, así como también la posibilidad de darle autonomía a los componentes del sistema que resuelve el problema en los procesos de decisión. Particularmente, se considera la utilización de los protocolos de interacción de los SM utilizados en tareas de coordinación, para adaptarlos a las plataformas GRIDs. Estos protocolos están bien definidos por la organización FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents), y aprobados por la IEEE [11].

Una de las primeras propuestas que combina la teoría de agentes con la planificación en GRIDs, fue presentada en [8].

La idea de este trabajo es la de asignarle la ejecución de la planificación a los clientes. Para ello, cada cliente posee un agente, el cual tiene la responsabilidad de manejar las necesidades del usuario, entrando al mercado de recursos según vayan surgiendo las solicitudes, pero previamente este agente debe poseer la información de los recursos disponibles para poder tomar las decisiones de planificación, y poder dar después inicio al proceso de negociación. Además, sólo plantea un enfoque donde los clientes deben competir por los recursos, y no en sentido inverso, en el que los recursos procuren competir para conseguir clientes. La utilización de agentes en la planificación de GRIDs también se plantea en [14], sin embargo este trabajo es una propuesta que aun no se ha desarrollado ni implementado bajo los criterios que se plantean.

Una evaluación de arquitecturas de metaplanificadores y políticas de asignación de tareas para computación de alto rendimiento fue presentado en [5], en el cual modelaron y simularon un metaplanificador funcionando para una GRID constituida por varios clusters interconectados por una red WAN. Cada cluster internamente se interconecta a través de una red LAN, y su metaplanificador consiste en un conjunto de agentes funcionando en el lado de los recursos (como representantes de los recursos), los cuales tienen la tarea de verificar si el recurso está o no disponible. Se hay disponibilidad para el recurso, el agente le informa al coordinador central que le envíe una tarea que se adecue a ese tipo de recurso. Existen otras propuestas que pretenden resolver las dificultades presentes en los procesos de metaplanificación utilizando otros enfoques distintos a los modelos económicos y a la teoría de agentes, en [1], [10], [18] se describen, se comentan y evalúan varias de estas alternativas, incluyendo las que actualmente son utilizadas en productos comerciales como CONDOR-G, GRaDS, NimrodG, UC4, etc.

En [3] desarrollan un planificador a largo plazo utilizando como modelo económico el de las subastas Vickrey, y sólo utilizan el punto de vista de la competencia entre usuarios, y no entre recursos. Ellos describen las características del proceso de planificación desde dos niveles: los planificadores a largo plazo, y los planificadores locales o a corto plazo. En cuanto a lo planteado en [10], además de utilizar los modelos económicos para resolver el problema relacionado con la planificación a largo plazo en la GRID, lo simulan utilizando trazas de cargas de trabajo reales, lo que les permitió probar su propuesta con mayor acercamiento a las verdaderas plataformas GRIDs. Al igual que antes, no usan la teoría de agentes en la propuesta. En [4] presentan una propuesta relacionada con la aplicación de los modelos económicos en la GRID. En ese trabajo se describen varios modelos económicos que puede ser utilizados para el manejo de recursos y la planificación a largo y corto plazo. Ese trabajo no utiliza la teoría Multiagentes. A continuación detallamos más este trabajo, ya que es el trabajo que sirve de base al nuestro. En ese trabajo se menciona que un modelo de mercado aplicado a la GRID está compuesto por "participantes" que se pueden clasificar en varios tipos: los proveedores de servicios (dueños de recursos) que juegan el rol de los productores, los corredores que representan a los consumidores, y los consumidores que interactúan con sus propios corredores para

manejar la planificación de sus requerimientos en la GRID. Cada consumidor puede tener un corredor particular y pueden existir corredores que atiendan a varios consumidores. La idea de la existencia de los corredores es crear un representante virtual de los clientes. Existe un cuarto tipo de jugador que es el Manejador de Servicios, el cual es un sistema manejado por los proveedores para ofrecer los servicios de los recursos que estén dispuestos a vender. Según el tipo de configuración un manejador puede representar a uno o a varios recursos, que pueden o no ser del mismo tipo. La interacción entre los corredores y los manejadores de servicios está controlada por un último tipo de jugador: el metaplanificador, el cual está compuesto por los siguientes elementos: el portal web o la interfaz hacia el cliente que le permite a los usuarios y dueños de recursos interactuar en la GRID, el buscador general encargado de la búsqueda inicial basada en requerimientos previamente establecidos (antes de iniciar la búsqueda); el preseleccionador que selecciona los recursos encontrados por el buscador, según determinados criterios de escogencia. Para esto último requiere de elementos que se encarguen de negociar las contrataciones entre los clientes y los dueños de recursos, permitiendo de esta forma la asignación final de los recursos, utilizando para ello esquemas como las licitaciones o subastas, entre otros.

A. Protocolo Metaplanificador

La propuesta de este trabajo es diseñar un Planificador a Largo Plazo para Plataformas GRIDs. Antes de explicar con detalle la adaptación de los protocolos de interacción de SM a la Planificación a Largo Plazo en Plataformas GRIDs, es necesario explicar el entorno que se utiliza como marco de referencia, detallando el listado de participantes, y el rol que cada uno de ellos tiene en la GRID. En la figura 1 se pueden apreciar dichos participantes y sus interacciones.

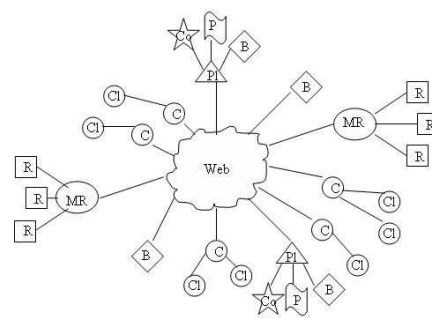


Fig. 1. Esquema General de Metaplanificación GRID

Donde:

- R: Dueño de Recursos y sus recursos ofrecidos, los cuales son los proveedores de servicios. Estos recursos pueden estar en distintos sitios geográficos en la red, y pueden establecer grupos o asociaciones para satisfacer un requerimiento en un determinado momento. Este participante tiene un perfil real o físico.
- MR: Manejador de Recursos o Servicios. Son sistemas que trabajan para controlar las agrupaciones de recursos, es decir, es el representante virtual de los recursos, y por implicación directa, de los dueños de los recursos.

Tienen el rol de informar los términos bajo las cuales se realizarán las propuestas de servicios. Este participante es el que funge como proveedor de servicios en la GRID.

- Cl: Clientes o Usuarios, pueden ser dispositivos, aplicaciones, nodos, otros recursos, etc., lo cuales están interesados en utilizar un determinado recurso. Son participantes físicos o reales.
- C: Son los corredores, que al ser participantes virtuales, representan a los clientes o usuarios en la GRID.
- Pl: Metaplanificador, es un participante virtual que controla o coordina el proceso de planificación a largo plazo. Tiene que mediar entre los corredores y los manejadores de recursos. Es el ente regulador de la interacción entre los clientes y los recursos (dueños de recursos), y es el encargado de la planificación global como tal. Está compuesto por varios elementos, tales como los buscadores (pueden ser uno o varios, o utilizar buscadores independientes, etc.), los portales, y los elementos de asignación de recursos (selección, contratación, etc.).
- B: Buscadores de Recursos. Son aplicaciones que forman parte de los metaplanificadores. Su rol es el de buscar los recursos disponibles en la GRID que cumplan con los criterios suministrados por el cliente. Los buscadores pueden ser parte integral de los metaplanificadores, o pueden ser buscadores independientes.
- Co: Coordinador, son los encargados de realizar las tareas de selección y contratación, incluyendo el establecimiento de los acuerdos entre los involucrados.
- P: Portales, es la interfaz entre usuarios y recursos, y la puerta de entrada de los usuarios a la GRID.

En el esquema anterior se puede apreciar que se está utilizando una clasificación para los involucrados o participantes en la GRID, la cual permite dividirlos en dos grupos: los participantes reales o físicos, y los participantes virtuales. Con estos últimos son los que se trabaja directamente en el metaplanificador propuesto.

B. Caracterización del Proceso de metaplanificación

- Cuando un cliente solicita un servicio, lo hace a través de uno de los portales que están distribuidos geográficamente, que son parte constituyentes de los Planificadores. En los servidores planificadores (Pl) se encuentran los demás elementos del metaplanificador. Al interactuar con un portal, el componente Pl activa una instancia del agente "corredor", para dialogar con el usuario o cliente y levantar la información sobre los recursos que necesita. Una vez hecho esto, esta información es enviada al planificador para que éste se encargue de asignarle la tarea al buscador (o a varios buscadores) para que inicie el proceso de búsqueda. Cuando se ha mencionado que un usuario necesita de un recurso, se puede estar refiriendo en realidad a un conjunto de recursos que de forma grupal logran satisfacer su requerimiento.
- Los Planificadores interactúan con los buscadores (cada Planificador puede poseer varios buscadores, o utilizar buscadores de otros portales), con los agentes Manejadores de Recursos, y con los Corredores.
- Los Manejadores de Recursos son los encargados de publicar, con todas las características y restricciones, los

recursos ofrecidos por los propietarios. Puede existir un manejador para varios propietarios de recursos.

- Los buscadores tienen la labor de la localización de recursos que cumplan con los requerimientos de los usuarios, tales como sus características estáticas, por ejemplo la velocidad de un procesador.
- Los usuarios o clientes están representados por corredores, estos corredores tratan de conseguir el mejor recurso para su cliente. Un corredor puede darle soporte a varios clientes.
- Cuando un dueño de recurso (pueden ser varios dueños agrupados) quiere ofrecer sus servicios, lo debe hacer a través de algún manejador de recursos, ya sea propio o compartido. " Cada cliente puede tener asociado uno o varios procesos que se deben ejecutar para llevar a cabo su solicitud. Cada proceso se representa como una secuencia de tareas, donde cada una de ellas requiere distintos tipos de recursos computacionales. El cliente puede ser una aplicación, usuarios finales, etc.
- El proceso de selección final de recursos, contratación y asignación, es realizado por los coordinadores. Estos componentes se encargan de la preasignación o autorización de uso del recurso, luego de ésta, le otorgan la responsabilidad de la ejecución de la tarea a los planificadores locales de cada recurso.
- En la estructura multiagentes propuesta, los MR, B, C y Co son los agentes.
- El Co es el agente que coordina las negociaciones entre los participantes, y forma parte del Pl.

La planificación se plantea a través de dos enfoques, que al combinarse generan un enfoque híbrido, el cual representa el esquema final propuesto en este trabajo. El primer enfoque se establece desde el punto de vista de los usuarios o clientes, denominado en este trabajo como el enfoque-cliente, donde los manejadores de recursos a través del planificador intentan satisfacer los requerimientos de los clientes. Este proceso se representa por la estructura de licitaciones (modelo económico), donde existen varios vendedores y un comprador. Los intereses que son atendidos son los de los clientes, de esta forma el objetivo principal es que éstos puedan adquirir los recursos con las mejores prestaciones y al mejor precio. El otro enfoque es desde el punto de vista de los dueños de los recursos, denominado enfoque-recurso en este trabajo, donde la idea es conseguir que el cliente proponga su mejor oferta, según las especificaciones del vendedor. Este proceso es similar al de las subastas (otro modelo económico), donde existen varios compradores interesados y un solo vendedor. En este caso, los intereses que son considerados son los de los dueños de recursos, y su objetivo principal es conseguir vender los recursos o servicios al cliente que ofrezca las mejores condiciones.

C. Enfoque Cliente

En el enfoque-cliente, el proceso se inicia cuando los usuarios o clientes manifiestan a través del corredor su interés en adquirir un recurso (o grupos de recursos), esta acción activa al buscador o buscadores asociados al planificador. Cuando el buscador o los buscadores consiguen el listado de recursos disponibles, el planificador inicia la labor de la preselección de los recursos. Es importante aclarar que la

necesidad que especifica cada cliente puede involucrar a varios tipos de recursos, así el buscador debe conseguir una lista de recursos disponibles por cada tipo de recurso requerido. Con esa lista se inicia un proceso de licitación para escoger al recurso a utilizar. Una vez que se seleccionan todos los recursos necesarios, se ejecuta la contratación con los dueños. Esta contratación se debe realizar al final de la preselección, y no al momento en que se preselecciona cada recurso, porque puede existir la posibilidad que algún recurso requerido no pueda ser contratado, y por ende el cliente no puede satisfacer su demanda ya que necesita al grupo de recursos en su totalidad. Así, la preselección de un recurso se hace a través de un proceso de licitación, el cual involucra el listado de requerimientos que introdujo el cliente (pliego licitatorio). En este trabajo se adapta el protocolo de interacción de SM de FIPA basado en el modelo de licitaciones, para llevar a cabo este proceso en particular.

D. Enfoque Recurso

En el enfoque-recurso la idea es que cuando existan varios clientes interesados en utilizar los servicios de un recurso, se puede iniciar un proceso donde se hace la contratación con el cliente que ofrezca las mejores condiciones de contratación. Este tipo de proceso es similar al de las subastas, donde existen varios clientes interesados en un solo recurso ofrecido (varios compradores y un vendedor). En este caso, cuando cada cliente ha preseleccionado un recurso, lo cual lo puede hacer a través de un proceso aleatorio de escogencia o escogiendo el primero de la lista que genera el buscador general, el cliente entra en el proceso de subasta para intentar ganar el recurso ante el resto de los clientes que también lo preseleccionaron. Finalmente, si gana se realiza la contratación del recurso de la misma forma que en el caso anterior.

E. Enfoque Híbrido

En los dos enfoques anteriores se plantearon algunas de las situaciones probables que se pueden presentar en el momento de establecer un proceso de "negociación" sobre algún servicio o producto, se presentaron escenarios donde pueden concurrir varios ofertantes de productos o servicios vs. un solo comprador o cliente, y el escenario inverso donde existen varios clientes para un solo recurso. Ahora bien, entendiendo que la GRID es un sistema dinámico donde los clientes y proveedores de servicios/recursos están cambiando permanentemente, es preferible pensar en un enfoque híbrido, donde se combinan las propuestas del enfoque cliente y el enfoque recurso, según sea el caso. El macroalgoritmo se presenta a continuación:

- 1) Al momento en que un cliente genera una solicitud de un recurso
 - a) Invocar el servicio del portal, alojado en el servidor planificador correspondiente para entrar en la GRID. Dado que existen varios tipos de clientes: usuarios finales, aplicaciones, etc., el servicio de portal interactuará de distintas formas según sea el tipo de cliente.
 - b) Por razones de seguridad, una vez conectado con el portal, se debe ejecutar un proceso de identificación y autenticación.

- c) Introducir, en la opción referente a búsqueda y asignación de recursos, el listado de requerimientos.
- d) El servidor planificador activa un corredor, que es la aplicación (agente) que atenderá tal requerimiento del cliente.
- e) El corredor le envía el listado de requerimientos al servidor de planificación.

2) El proceso de metaplanificación:

- a) Dado el listado de requerimientos enviados por el corredor, el metaplanificador activa el buscador general.
- b) El buscador inicia el proceso de búsqueda.
- c) El buscador genera una lista de recursos. Esta lista agrupa los recursos encontrados según su tipo, es decir, muestra una lista de recursos por cada tipo.
- d) Una vez que se tenga la lista de recursos encontrados, se activa el proceso de selección a través de la utilización del enfoque cliente (licitación), sólo si el número de recursos o dueños de recursos es mayor que el de los clientes interesados. Este protocolo interactúa con los manejadores de recursos para seleccionar un recurso por tipo. El proceso de selección se realiza utilizando el listado de requerimientos suministrado por el usuario, y los criterios orientados a satisfacer los parámetros de calidad de servicio:
 - i) En Pl se genera un perfil (pliego de licitación) con los requerimientos del usuario. Este perfil es el patrón que siguen para buscar el mejor recurso entre la lista. El perfil consiste en indicadores de rendimiento, características deseadas en el recurso en particular, etc.
 - ii) Al ser un proceso de licitación, los manejadores de servicios encontrados en la búsqueda inicial ofrecen su mejor propuesta para intentar ganar la buena pro del cliente, usando como base el perfil.
- e) Para los casos donde sólo existe un vendedor, o hay varios clientes concurrentemente solicitando un recurso en particular, el proceso de negociación que se utiliza es el de las subastas. Esta consiste en hacer una oferta por el servicio al proveedor seleccionado. El proveedor escogerá, entre las ofertas que tiene, a quien le brindará el servicio. Sólo en los casos donde exista un solo vendedor y un solo comprador se hace una asignación directa.
- f) Una vez finalizada la selección de todos los recursos necesarios para cumplir con los requerimientos del cliente, o del dueño del recurso según sea el caso, se establece un acuerdo que consiste en indicarle a cada extremo de la negociación (cliente y recursos) la asignación respectiva. Una vez establecido dicho acuerdo con todos los involucrados, se realiza la contratación con todos ellos.
- g) Después de realizar dicha contratación, se da la autorización al cliente para que utilice los recursos. Esto implica decirle al recurso la tarea que se le

asignó. Dicho recurso, según sus mecanismos de planificación local, gestionará el uso del recurso por parte del usuario.

En la figura 2 puede resumirse de forma gráfica este planteamiento, donde se inicia un proceso en el enfoque cliente, y cuando surgen los casos donde aparecen un vendedor para un recurso, o varios clientes para ese recurso, el esquema de negociación se cambia al enfoque recurso, dándole el matiz adaptativo que anteriormente se había comentado.

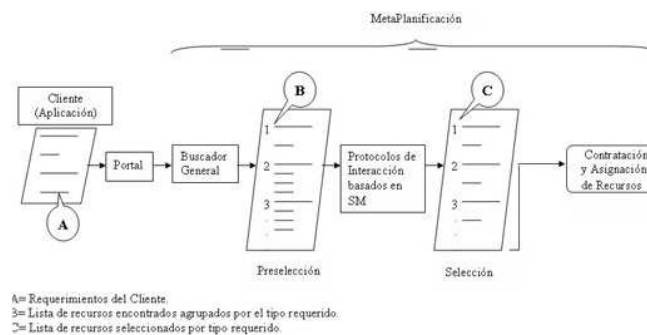


Fig. 2. Enfoque híbrido de la Metaplanificación

III. CONCLUSIONES

Se diseñó e implementó un protocolo para la Metaplanificación en plataformas GRID, basado en los protocolos de Interacción de SM establecidos en los estándares FIPA. El protocolo propuesto mezcla dos enfoques basados en modelos económicos humanos: subastas y licitaciones. De esta forma, en el proceso de metaplanificación, la selección de recursos y/o usuarios se determina por las estructuras de estos enfoques económicos.

REFERENCIAS

[1] J. Aguilar, E. Leiss, "Introducción a la Computación Paralela", CDCHT-ULA, Gráficas Quintero, Septiembre 2004.

[2] K. Aida, A. Takefusa, H. Nakada, S. Matsuoka, S. Sekiguchi, U. Nagashima: "Performance Evaluation Model for Scheduling in Global Computing Systems". International Journal of High Performance Computing Applications. Vol. 14. 2000. 268-279.

[3] K. Bubendorfer: "Improving Resource Utilisation in Market Oriented Grid Management and Scheduling". ACM International Conference Proceeding Series. Vol. 167. 2006. 25-31.

[4] R. Buyya, D. Abramson, J. Giddy: "A Case for Economy Grid Architecture for Service Oriented Grid Computing". 10th IEEE International Heterogeneous Computing Workshop in conjunction with IPDPS. 2001.

[5] E. Caron, V. Garonne, A. Tsaregorodtsev: "Evaluation of Meta-scheduler Architectures and Task Assignment Policies for High Throughput Computing". Rapport De Recherche Inria. 2006.

[6] A. Legrand, L. Marchal, H. Casanova: "Scheduling Distributed Applications: the SimGrid Simulation Framework". 3rd International Symposium on Cluster Computing and the Grid. 2003. 138.

[7] H. Casanova: "Simgrid: a Toolkit for the Simulation of Application Scheduling". Proceedings of the First IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid CCGrid. 2001.

[8] C. Chien, P. Chang, V. Soo: "Market-Oriented Multiple Resource Scheduling in Grid Computing Environments". 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications. AINA papers, Vol.1, 2005. 867-872.

[9] C. Ernemann, V. Hamscher, R. Yahyapour: "Economic Scheduling in Grid Computing". In Job Scheduling Strategies for Parallel Processing, Edinburgh, Scotland, 2002.

[10] C. Ernemann, V. Hamscher, R. Yahyapour, A. Streit: "Enhanced Algorithms for Multi-Site Scheduling". In 3rd Int'l Workshop on Grid Computing. 2002. 219-231.

[11] FIPA en línea: <http://www.fipa.org>. Consultado noviembre 2006.

[12] I. Foster: "Globus Toolkit Version 4: Software for Service-Oriented Systems".

[13] I. Foster, C. Kesselman, S. Tuecke: "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations". IFIP International Conference on Network and Parallel Computing. Springer-Verlag LNCS 3779. 2006. 2-13.

[14] P. Gradwell: "Grid Scheduling with Agents". 2nd International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems AAMAS. 2003. 14-18.

[15] REACCIUN2 en línea: <http://www.reacciu2.edu.ve>. Consultado en junio 2007.

[16] SIMGRID en línea: <http://simgrid.gforge.inria.fr>. Consultado en enero 2007.

[17] C. Varela, P. Ciancarini, K. Taura: "Worldwide Computing: Adaptive Middleware and Programming Technology for Dynamic Grid Environments". Scientific Programming Journal Special Issue on Dynamic Grids and Worldwide Computing. Vol. 13. IOS Press. 2005.

[18] R. Wisnesky: "Evaluating Scheduling Algorithms on Distributed Computational Grids". In Proceedings of the 11th IEEE Symposium on HighPerformance Distributed Computing. 2002.

[19] R. Wu, A. Chien, M. Hiltunen, R. Schlichting, S. Sen: "A High Performance Configurable Transport Protocol for Grid Computing". CCGRID Proceedings of the Fifth IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid. Vol. 2. 2005. 1117-1125.

[20] J. Odell, H. Van-Dyke, B. Bauer: "Representing Agent Interaction Protocols in UML". Agent-Oriented Software Engineering, Paolo Ciancarini and Michael Wooldridge eds., Springer-Verlag, 2001. 121-140.

[21] J. Aguilar, R. Sumoza "La Metaplanificación y la Grid", Informe Técnico No 5-2007, CEMISID-ULA, 2007.