

# Application Layer Multicast Techniques in Grid Environments Técnicas Multicast a Nivel de Aplicación en Entornos Grid \*

Rafael Moreno-Vozmediano

*Dept. Arquitectura de Computadores y Automática  
Universidad Complutense de Madrid. 28040 – Madrid (SPAIN)  
rmoreno@dacya.ucm.es*

## Abstract

Resource and service discovery, data transfer or replica management, are some examples of basic operations of a grid which can gain efficiency by using multicast transmission techniques. However, the sparse deployment of IP multicast in the internet today is a major limitation for exploiting this communication paradigm in grid environments. Over the last few years, Application Layer Multicast has emerged as a novel and powerful technique for providing one-to-many and many-to-many data transfer over networks without infrastructure support for IP multicast. In this approach multicast functionality is implemented at the end-host systems instead of network routers, and it is based on the construction of a logical overlay over the underlying network topology. Application layer multicast techniques have been used mainly for real-time multimedia applications (such as Internet telephony, video streaming services, videoconferencing, etc.), and P2P applications (like data delivery and dissemination, etc.). However, the application of these techniques to grid environments has not been deeply analyzed.

## Resumen

La utilización de técnicas de transmisión multicast puede mejorar la eficiencia de algunas de las operaciones básicas en un entorno grid, tales como el descubrimiento de recursos y servicios, la transferencia de datos y la gestión de réplicas. El principal problema que se plantea es el limitado soporte de multicast a nivel IP que existe actualmente en Internet. Sin embargo, en los últimos años se han desarrollado diversas técnicas multicast a nivel de aplicación que permiten la realización de transferencias multicast (uno-a-muchos y muchos-a-muchos) en redes sin infraestructura multicast a nivel IP. Estas técnicas se han utilizado típicamente en aplicaciones multimedia en tiempo real (telefonía por Internet, transmisión de video, videoconferencia, etc.) y en aplicaciones P2P (diseminación de datos, etc.). Sin embargo, su aplicación en entornos grid no se ha estudiado en profundidad.

**Keywords:** Application layer multicast, Overlay networks, Data and computational grids

**Palabras clave:** Multicast a nivel de aplicación, Redes de overlay, Grids computacionales y de datos.

## 1. Introducción

La tecnología grid proporciona un entorno de computación distribuida basado en la agregación y compartición global de recursos heterogéneos (recursos computacionales, información o servicios) a través de Internet [1]. Este nuevo entorno de computación ha demostrado ser altamente eficiente para la resolución de problemas intensivos en cálculo o en datos, en distintas áreas de la ciencia y la ingeniería. Aunque en la actualidad esta tecnología se puede considerar suficientemente madura, todavía existen numerosos problemas por resolver, entre los que cabe destacar la fuerte presión que ejercen las aplicaciones grid sobre la red de comunicaciones subyacente, ya que muchas de estas aplicaciones requieren una fuerte demanda de ancho de banda de transmisión y unos retardos relativamente bajos. Por tanto, resulta imprescindible utilizar de forma más eficiente los servicios y recursos ofrecidos por las redes modernas para optimizar el consumo de ancho de banda y los retardos. Concretamente este trabajo se centra en la explotación de las técnicas de transmisión multicast para mejorar la eficiencia de las comunicaciones en entornos grid.

A pesar de que la mayoría de aplicaciones clásicas de Internet (Web, correo electrónico, FTP, etc.) utilizan el paradigma de comunicación unicast (uno a uno), durante los últimos años han proliferado un amplio rango de aplicaciones que pueden beneficiarse del paradigma de comunicación multicast, que permite la comunicación uno a muchos (distribución de audio/vídeo, envío periódico de datos –push– a suscriptores, etc.) o comunicación muchos a muchos (videoconferencia, juegos interactivos, etc.). No obstante, a pesar de que los protocolos de transmisión

---

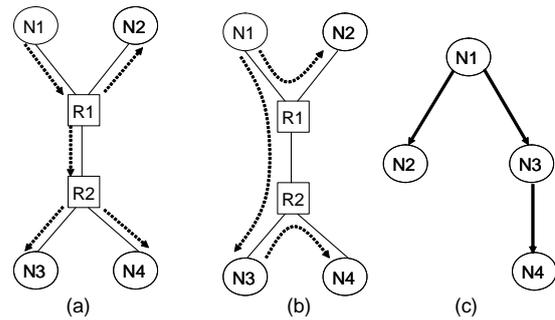
\* Este trabajo ha sido subvencionado por la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y Fondo Social Europeo (FSE) a través del proyecto BioGridNet S-0505/TIC/000101 y por el Ministerio de Educación y Ciencia de España a través del proyecto TIN2006-02806.

multicast a nivel IP se desarrollaron hace más de una década, en la actualidad muchas de las redes y dispositivos de interconexión de Internet (*routers*, *switches*, etc.) no soportan esta técnica de comunicación, especialmente en el caso de los ISPs (*Internet Service Providers*). Como una alternativa a la utilización multicast a nivel IP, recientemente se han propuesto técnicas de transmisión multicast a nivel de aplicación (ALM, *Application Layer Multicast*), [2][3][4] también denominadas *end system multicast* [5] o *host multicast* [6][7][8]. Estas técnicas se basan en la construcción de redes de recubrimiento (*overlay networks*) entre los nodos que forman parte de un mismo grupo multicast, de manera es posible reenviar el paquete de datos a todos los destinos a través de un recorrido óptimo por dicha red de recubrimiento utilizando transmisión unicast. La principal ventaja de esta técnica es que no depende del soporte multicast de la red subyacente, sino que se puede utilizar de forma universal.

La aplicación de comunicaciones multicast en entornos grid es un campo que, hasta la fecha, no se ha explorado en profundidad. Sin embargo, muchas de las operaciones de transferencia por red que se realizan en un grid pueden explotar de forma eficiente la posibilidad de comunicaciones uno a muchos o muchos a muchos que ofrece la transmisión multicast, consiguiendo una notable reducción del consumo de ancho de banda y los retardos. Concretamente, en este trabajo se han identificado tres operaciones básicas del grid que pueden aprovechar de forma eficiente las técnicas de transmisión multicast: 1) transferencia de ficheros en grids computacionales; 2) gestión de réplicas en grids de datos; 1) descubrimiento de recursos y servicios.

## 2. Multicast a nivel de aplicación

La idea básica de las técnicas multicast a nivel de aplicación (ALM) se muestra en la Figura 1. A diferencia de las técnicas multicast a nivel IP, en las que los routers son los encargados de replicar y reexpedir los paquetes a todos los sistemas que forman parte del grupo multicast, en ALM son los propios sistemas finales los que se encargan de replicar y retransmitir los paquetes de datos. Desde un punto de vista lógico, los nodos finales forman una red de recubrimiento (*overlay*) construida sobre la topología de red física subyacente (Figura 1.c). Es obvio que las técnicas multicast a nivel IP son más eficientes que las técnicas ALM, ya que en éstas un mismo paquete de datos se puede llegar a enviar varias veces a través de un mismo enlace físico. Por tanto, uno de los principales objetivos de las técnicas ALM es construir y mantener de forma eficiente la red de recubrimiento que da soporte a la transmisión de datos multicast.



**Figura 1. (a) Multicast a nivel IP; (b) Multicast a nivel de aplicación; (c) Red de recubrimiento (*overlay*)**

Las principales técnicas ALM se basan en la construcción árboles o mallas de recubrimiento. En las técnicas basadas en mallas (*overlay mesh*), como por ejemplo Narada [5], los miembros del grupo multicast se organizan en una topología en la que pueden existir varios caminos entre cada pareja de nodos. Una vez organizada la malla, cada nodo ejecuta un protocolo de encaminamiento (*routing*) para determinar un camino único a través de la red de recubrimiento a cada uno de los miembros del grupo. Por el contrario, las técnicas ALM basadas en árboles (*overlay trees*), como por ejemplo, Yoid [3] o HMTTP [6][7], se basan en la construcción directa de un árbol de recubrimiento en el que se establece un camino único al resto de nodos del grupo. En este caso, la correcta elección de la relación padres-hijos es crucial para la eficiencia de la red.

## 3. Aplicación de técnicas ALM en grids

Muchas de las operaciones de transferencia por red que se realizan en un grid pueden explotar de forma eficiente la posibilidad de comunicaciones uno a muchos o muchos a muchos que ofrece la transmisión ALM, consiguiendo una notable reducción del consumo de ancho de banda y los retardos. Concretamente, se pueden identificar tres operaciones básicas del grid que pueden aprovechar de forma eficiente las técnicas de transmisión multicast: 1) descubrimiento de recursos y servicios; 2) transferencia de ficheros en grids computacionales; 3) gestión de réplicas en grids de datos.

### 3.1. Transferencia de ficheros en grids

Uno de los usos más comunes del grid es la agregación de recursos computacionales para ejecutar de una forma distribuida aplicaciones intensivas en cálculo. En este tipo de aplicaciones, una vez realizado el descubrimiento y selección de los recursos, se procede a la transferencia de los ficheros ejecutables (binarios) y datos de entrada de la aplicación. Normalmente, esta fase de transferencia se realiza mediante múltiples conexiones unicast (uno a uno)

entre el computador cliente y los recursos seleccionados, lo que se traduce en un enorme consumo de ancho de banda. Esta operación puede beneficiarse enormemente del paradigma de comunicación multicast y de las técnicas ALM, agrupando los recursos que se utilizan para un mismo cálculo distribuido en un mismo grupo multicast. De este modo la transferencia de los ficheros ejecutables y de datos se puede realizar enviando un único mensaje multicast, que se distribuirá a todos los miembros del grupo (recursos seleccionados), reduciendo enormemente el consumo de ancho de banda en el extremo cliente.

### 3.2. Gestión de réplicas en grids de datos

Los grids de datos proporcionan una plataforma para el acceso y transferencia eficiente de grandes cantidades de información (terabytes o incluso petabytes de datos) en aplicaciones intensivas en datos. En este tipo de aplicaciones, los usuarios necesitan acceder a grandes ficheros de datos ubicados en sistemas remotos, pudiendo crear copias locales (réplicas) de dichos datos para su análisis o procesamiento. Normalmente los grids de datos se gestionan mediante un servicio de gestión de réplicas que permite la realización de las siguientes operaciones básicas: 1) registrar un nuevo fichero de datos; 2) creación y eliminación de réplicas de un fichero existente; 3) localización o descubrimiento de réplicas; 4) actualización de réplicas cuando se realizan modificaciones del fichero original.

En este contexto, las técnicas ALM ofrecen múltiples ventajas a la hora de realizar la mayoría de operaciones básicas del servicio de gestión de réplicas: 1) en la operación de creación de réplicas, cuando varios usuarios solicitan una copia de un mismo fichero, éste se puede transferir mediante una transferencia multicast, cuyos destinatarios serían los usuarios interesados en el fichero. 2) en la operación de localización de réplicas, se puede reducir el tiempo de localización enviando una consulta multicast a todos los sistemas que forma el grid de datos; 3) la operación de actualización de réplicas puede beneficiarse enormemente de la comunicación multicast, ya que el emisor tiene que enviar un único mensaje de actualización que se puede difundir a todos los sistemas que contienen una copia del fichero por actualizar.

### 3.3. Descubrimiento de recursos y servicios

La mayoría de entornos grid utilizan un sistema de descubrimiento de recursos y servicios basada en servidores índice que agregan e indexan información sobre los recursos disponibles en la red. Esta organización presenta varios inconvenientes: por una parte, presenta un punto central de fallo (el servidor índice central); por otra parte, en entornos muy cambiantes, puede ocurrir que la

información suministrada por el servidor sea obsoleta. La utilización de multicast permite diseñar un sistema de descubrimiento de recursos alternativo basado en una organización descentralizada, siguiendo un esquema P2P (peer-to-peer). Este sistema no necesita disponer de un servidor central que agregue e indexe la información del resto de recursos, sino que el usuario accede directamente a todos los servidores índice locales mediante una consulta multicast. Esto presenta varias ventajas: 1) se elimina el punto central de fallo; 2) la información se obtiene directamente del servidor índice local del recurso, por tanto estará más actualizada; 3) se reduce el tiempo de respuesta, ya que la consulta se envía directamente al recurso final.

## 4. Resultados preliminares

Para demostrar la eficiencia del método ALM se han realizado unas pruebas preliminares en un entorno Grid (plataforma Globus Toolkit 4) usando una topología de red como la mostrada en la Figura 2. Se trata de dos redes de 100 Mbps unidas mediante dos *routers* a través de un enlace de media distancia de 10 Mbps.

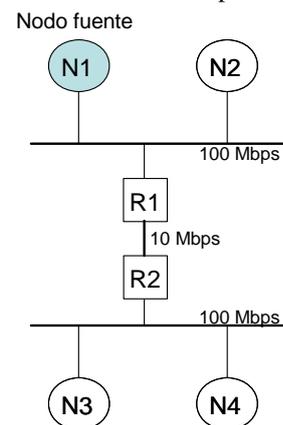


Figura 2. Topología de red

Se ha procedido a realizar la transferencia de varios ficheros de distinto tamaño (desde 0,5 MBytes hasta 128 MBytes) mediante la aplicación GridFTP entre el nodo fuente N1 y los nodos destino N2, N3 y N4.

Se ha comparado el tiempo total de transmisión que se obtienen con la técnica tradicional de transmisión unicast (Figura 3) con el tiempo de transmisión obtenido con la técnica ALM, usando el árbol de recubrimiento mostrado en la Figura 4.

Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica de la Figura 5. Como puede observarse, el tiempo total de transmisión en el caso de usar la técnica ALM se reduce significativamente con respecto al tiempo empleado cuando se utiliza transmisión unicast. Adicionalmente, también se reduce el ancho de banda consumido por el

nodo emisor (N1) y el nivel de uso (*link stress*) en el enlace de comunicación entre los *routers*.

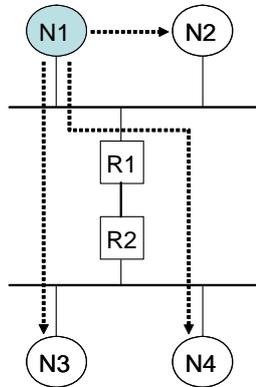


Figura 3. Transmisión unicast

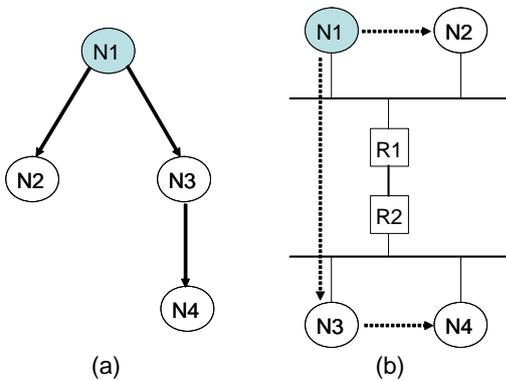


Figura 4. Transmisión ALM: (a) Árbol de recubrimiento; (b) Datos transferidos

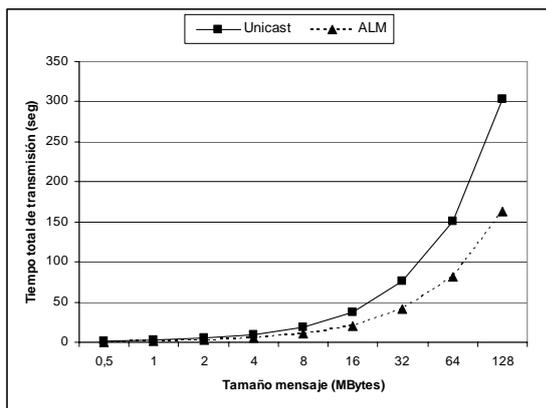


Figura 5. Tiempos de transmisión

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se analizan distintas operaciones básicas del grid que pueden beneficiarse de las técnicas de transmisión multicast a nivel de aplicación para mejorar la eficiencia y reducir el consumo de ancho de banda y los retardos de transmisión. Los resultados preliminares demuestran que estas técnicas pueden, en efecto, reducir el tiempo total de transmisión con respecto a la transmisión unicast tradicional. No obstante, es necesario un estudio mucho más profundo de la aplicación de estas técnicas a entornos grid y un análisis más profundo de las distintas técnicas ALM existentes.

## 6. Referencias

- [1] I. Foster, C. Kesselman, and S. Tuecke. "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations". Proc. Euro-Par 2001, Parallel Processing. LCNS 2150, Springer-Verlag, 2001, pp. 1-4.
- [2] S. Banarjee, B. Bhattacharjee, and C. Kommareddy. "Scalable application layer multicast". Proc. of ACM SIGCOMM, pages 205—217, August 2002.
- [3] P. Francis. "Yoid: Extending the Internet multicast architecture". <http://www.icir.org/yoid/docs>, pages 1-38, April 2000.
- [4] J. Liebeherr, M. Nahas, and W. Si. "Application-layer multicasting with delaunay triangulation overlays". IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC), 20(8):1472—1488, October 2002.
- [5] Y. Chu, S. G. Rao, S. Seshan, and H. Zhang. "A case for end system multicast". IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC), 20(8):1456—1471, October 2002.
- [6] B. Zhang, S. Jamin, and L. Zhang. "Host multicast: A framework for delivering multicast to end users". Proc. of IEEE INFOCOM'02, pages 1366—1375, June 2002.
- [7] B. Zhang, W. Wang, S. Jamin, D. Massey, L. Zhang. "Universal IP multicast delivery". The Int. Journal of Computer and Telecommunications Networking. Vol. 50, Issue 6, pp. 781 – 806, April 2006.
- [8] W. Wang, D. Helder, S. Jamin, and L. Zhang. "Overlay Optimizations for End-host Multicast". In Proc. NGC, Boston, MA, USA, Oct. 2002.