

# Técnica de Búsqueda para la Prestación de Servicios, basada en Sistemas Multi-Agente y Redes P2P

Search technique to offering services supported on Multi-agent Systems and P2P network

**Alejandro Muñoz Andrade**

*almunoz@unicauca.edu.co*

**Diego Eryk Muñoz Luna**

*diegoml@unicauca.edu.co*

**Pablo Augusto Magé**

*pmage@unicauca.edu.co*

*Grupo IDIS*

*Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones*

*Universidad del Cauca, Popayán - Colombia*

.....  
*Fecha de recepción: Mayo 20 de 2012*

*Fecha de aceptación: Junio 20 de 2012*

## **Palabras clave**

Redes P2P; JXTA; Sistemas multi-agente.

## **Keywords**

P2P Networks; JXTA; multi-agent systems

**Colciencias tipo 1**

## **Resumen**

La habilidad de encontrar servicios en redes P2P no estructuradas se ha convertido en una tarea difícil, por causa de la topología de la red y la inestabilidad de los servidores, que no están disponibles de manera permanente. La investigación se enfocó en el desarrollo de una técnica de búsqueda, basada en sistemas multi-agente, capaz de establecer el comportamiento de estos super-nodos. Tomando en consideración que la principal desventaja de estos sistemas multiagente es la comunicación entre los diferentes agentes en un entorno P2P, se utilizaron protocolos de tecnología JXTA, con un rol de mediadores y facilitadores; esta técnica permite llegar a diferentes servidores dentro de la red P2P e incorporarlos el comportamiento de sus nodos, por agente en el sistema

## **Abstract**

The ability to find services in unstructured P2P networks; it has become a difficult task execution by the topology of the network, and the instability of the various servers that are not always available for service. It aims to develop a search technique supported on Multi-agent Systems to establish the behavior of these super-nodes, the main disadvantage of these multi-agent systems is communication between agents in a P2P environment, to solve this limitation is to be used the protocols of the JXTA technology as a mediator and facilitator in communications multi-agent system, this technique would give us the possibility to reach different servers within the P2P network and incorporate these nodes behavior by agents in the system.

## **I. Introducción**

La capacidad para encontrar servicios específicos en las redes P2P es cada vez más crítica debido a la gran cantidad de servicios similares y al crecimiento desmesurado de estas redes. Este crecimiento se debe a que los computadores de hoy en día manejan un amplio espacio de memoria, ciclos de CPU y ancho de banda, los cuales son aprovechados al máximo por las aplicaciones distribuidas de las redes P2P y es aquí donde se puede decir que un computador de escritorio hoy en día puede convertirse fácilmente en un servidor que puede prestar uno o varios servicios.

Dentro de los servicios que los nodos P2P pueden prestar se encuentran: Aplicaciones distribuidas, programas y cálculos científicos, componentes colaborativos, transferencia de archivos, etc. Este tipo de servicios se publican con frecuencia, pero la principal desventaja es que no están disponibles todo el tiempo, incluso a veces son eliminados sin previo aviso. Los usuarios que utilizan estos servicios requieren una alta y continua disponibilidad de dichos servicios.

## **2. Escenarios**

Las redes P2P pueden ser estructuradas o no estructuradas, dependiendo de la forma como se enlazan los nodos entre sí.

Las redes P2P estructuradas mantienen una tabla hash o DHT (Distributed Hash Table). A todo contenido se le asigna un valor y a uno de los nodos se le hace responsable de una parte específica del contenido. Cuando se recibe una petición por un contenido en particular, un protocolo global determina qué nodo es responsable de proveer ese contenido, y la búsqueda se dirige a esa dirección.

Las redes P2P no estructuradas se forman cuando los nodos se enlazan de una manera arbitraria. Cuando un nuevo nodo se une a la red, puede copiar algunos enlaces existentes y crear los suyos propios más tarde. Cuando un nodo busca un contenido, puede encontrarlo con los enlaces que tiene. La desventaja con este sistema, es que si el contenido que se solicita no es muy popular, es posible que la búsqueda no obtenga los resultados deseados o incluso ningún resultado, esto quiere decir que los nodos cercanos ya no tienen el contenido que se estaba buscando (Sánchez, 2008).

Esta propuesta plantea una técnica de búsqueda para la prestación de servicios sobre redes P2P no estructuradas.

## **3. Trabajos Relacionados**

Actualmente la web semántica es un tema que esta tomando fuerza, debido a que se pueden utilizar consultas específicas para la búsqueda de servicios por medio de los agentes. Algunos trabajos han querido desarrollar una simbiosis entre los Sistemas

Multi-agente y las redes P2P, con el fin de obtener un aprovechamiento mutuo de estas dos tecnologías.

UbiMAS (Mondéjar, Pujol, García, & Pairoto, 2006), es un sistema de agentes móviles para entornos ubicuos, que utiliza JXTA como infraestructura de comunicaciones. En este sistema la red superpuesta P2P es utilizada para el envío unidireccional y bidireccional de mensajes, y para la propagación de mensajes uno a muchos. Uno de los aportes más interesantes de UbiMAS es la utilización de la red P2P para la migración de agentes.

OPAL (Mondéjar et al, 2006), es un sistema multi-agente que sigue las especificaciones de la FIPA Abstract Architecture (AA) y utiliza JXTA para el despliegue y descubrimiento dinámico de agentes sobre redes P2P. Este trabajo muestra como suplir las carencias en las comunicaciones FIPA de los agentes, por las posibilidades de la comunicación P2P. De este modo, se posibilitan otros mecanismos en la comunicación de los agentes, como por ejemplo el descubrimiento dinámico y el envío de mensajes uno a muchos.

“Descubrimiento de Servicios en Redes Ad-Hoc: Directory Facilitator” (Mares & Escalé, 2007), es un trabajo realizado sobre dispositivos móviles y redes inalámbricas. Este proyecto presenta un servicio de páginas amarillas para la plataforma de agentes de JADE en entornos Ad-Hoc. El servicio de páginas amarillas interactúa a través de un middleware con la tecnología P2P JXTA para proporcionar a los agentes un servicio fiable y transparente que los ayudará a superar la limitación que supone el sistema de federaciones de FIPA.

#### **4. Descripción de la Técnica**

Se ha establecido una gran relación entre los sistemas P2P y los Sistemas Multi-Agentes (Mondéjar et al, 2006), se puede observar que estos dos sistemas son potencialmente dinámicos y auto-organizables debido a sus entradas y salidas tanto de nodos como de agentes para los dos sistemas.

En gran parte, la solución del problema se centra en las características que pueden brindar los Sistemas Multi-Agente para la publicación, localización y búsqueda de los servicios. Como parte de la solución también se usan las características de transporte y comunicación de las redes superpuestas P2P.

Se debe tener en cuenta que para modelar y acoplar los servicios al entorno de trabajo, hay que establecer un canal de comunicación entre los dos sistemas, el Sistema Multi-Agente y el Sistema P2P.

Cada componente de la solución tiene como principal característica, la independencia de su funcionamiento, por lo tanto, es deseable mantener esta independencia en la técnica de búsqueda.

##### **4.1. Arquitectura del Sistema**

Después de describir los beneficios ofrecidos de los Sistemas Multi-Agente y los sistemas P2P, se puede pensar en conectar dichos sistemas, por medio de un mecanismo

que aproveche en gran medida sus recursos. La importancia de este mecanismo radica en poder ofrecer una comunicación transparente al usuario, para que no note la integración entre los dos sistemas, es aquí donde se propone crear un modulo llamado Comunicador que tiene como objetivo principal brindar la comunicación entre el Sistema Multi-Agente y el Sistema P2P.

En la Figura 1, se muestra la arquitectura general del sistema, la cual contiene los tres elementos principales del sistema: El Sistema Multi-Agente, El Sistema P2P y El Comunicador que están presentes en cada nodo de la red superpuesta P2P.

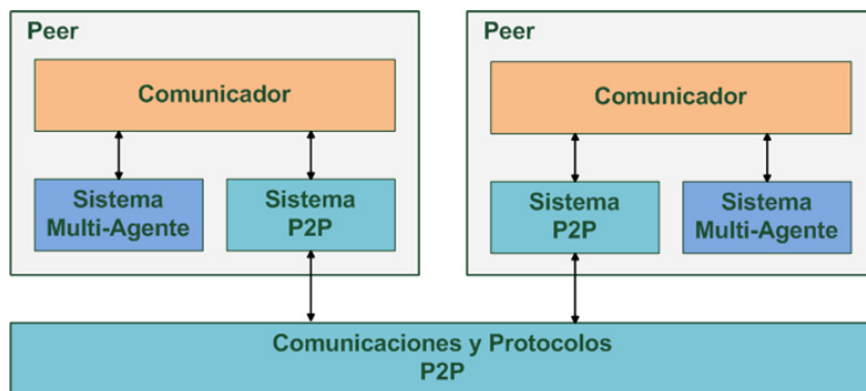


Figura 1. Arquitectura del Sistema

El Sistema Multi-Agente cumple con las especificaciones FIPA e incluye todos los elementos obligatorios para administrar la Plataforma de Agentes (AP), los cuales son el Sistema de Gestión de Agentes (AMS), el Facilitador de Directorio (DF) y el Servicio de Transporte de Mensajes (MTS). Toda la comunicación de agentes se realiza a través del paso de mensajes, donde FIPA-ACL es el lenguaje para representar los mensajes (Jade, 2010).

El Sistema Multi-Agente maneja un solo contenedor de agentes, el contenedor principal. Debido a que cada nodo de la red va a tener su propia plataforma de agentes, solo se necesita un contenedor, el cual será el encargado de gestionar todos los agentes del sistema.

En el contenedor principal están presentes los respectivos agentes del sistema, los cuales se describen a continuación:

- » **Agente-Servidor:** El agente que se encarga de la provisión del servicio. Este agente debe registrar el servicio en el agente DF y contiene todos los elementos necesarios para proveer el servicio. Este servicio será el que se publique posteriormente en la red superpuesta P2P.
- » **Agente-Cliente:** El agente que consume el servicio publicado por el Agente-Servidor. Este agente debe registrarse en el DF, debido a que prestará servicios locales en la plataforma de agentes.

- » **Agente-P2P:** Se encarga de recibir los mensajes de los agentes Servidor y Cliente y transmitirlos al módulo de comunicaciones (Comunicador), para que sean enviados posteriormente a los demás nodos a través de la red superpuesta P2P. Este agente debe registrarse en el DF, debido a que prestará servicios locales en la plataforma de agentes. Este agente tiene la particularidad de permitir la comunicación no solo entre agentes, sino también hacia y desde objetos.

El Sistema P2P provee un conjunto común de protocolos para el desarrollo de aplicaciones P2P (JXTA, 2010). Es el encargado de crear, publicar y buscar los respectivos advertisements<sup>19</sup>, que representan el servicio en la red superpuesta P2P. También se encarga de las comunicaciones y del envío y recepción de mensajes entre cada nodo de la red superpuesta P2P, que se realizan por medio de los diferentes protocolos P2P.

El Comunicador, como su nombre lo indica, es el componente encargado de las comunicaciones entre las dos plataformas y realiza la tarea de conversión entre los tipos de mensajes, los tipos de objetos y los parámetros de los respectivos métodos que cada una de las plataformas maneja.

La prestación de servicios, en la técnica de búsqueda, se divide en tres procesos principales: Creación del Servicio, Búsqueda del Servicio y Recuperación del Servicio. La creación del servicio, es el proceso mediante el cual, un agente crea y publica el servicio en el sistema. La búsqueda del servicio, es el proceso mediante el cual, un agente busca el servicio requerido en el sistema. La recuperación del servicio, es el proceso mediante el cual, un agente que ha perdido la conexión a un servidor, vuelve a conectarse, sin perder los datos del proceso que está realizando.

#### **4.2. Creación, Búsqueda y Recuperación del Servicio**

Una de las características de las redes superpuestas P2P es que los nodos dentro de la red pueden conectarse y desconectarse de la red de una manera arbitraria. Si un nodo que está realizando la provisión del servicio se desconecta de la red, los nodos clientes que estaban utilizando ese servicio se verán afectados, perdiendo todo el proceso que el nodo servidor está realizando en ese momento. Para solucionar este problema, el Agente-Cliente posee un mecanismo de recuperación.

El proceso de búsqueda y recuperación del servicio se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 2.

El mecanismo de recuperación, del Agente-Cliente, es implementado mediante un cache local. El cache local almacena el proceso que el nodo cliente está recibiendo actualmente del nodo servidor. En caso de una caída del nodo servidor, el proceso que el servidor estaba realizando queda almacenado en el cache local del nodo cliente, cuando el nodo cliente se conecta a un nuevo nodo que tenga el servicio buscado, le envía el cache local que tenía almacenado por medio del directorio de recuperación, para que el nuevo nodo servidor continúe con el proceso y así el cliente puede recuperar el servicio que estaba utilizando. De esta manera, el servicio que está utilizando el nodo cliente no

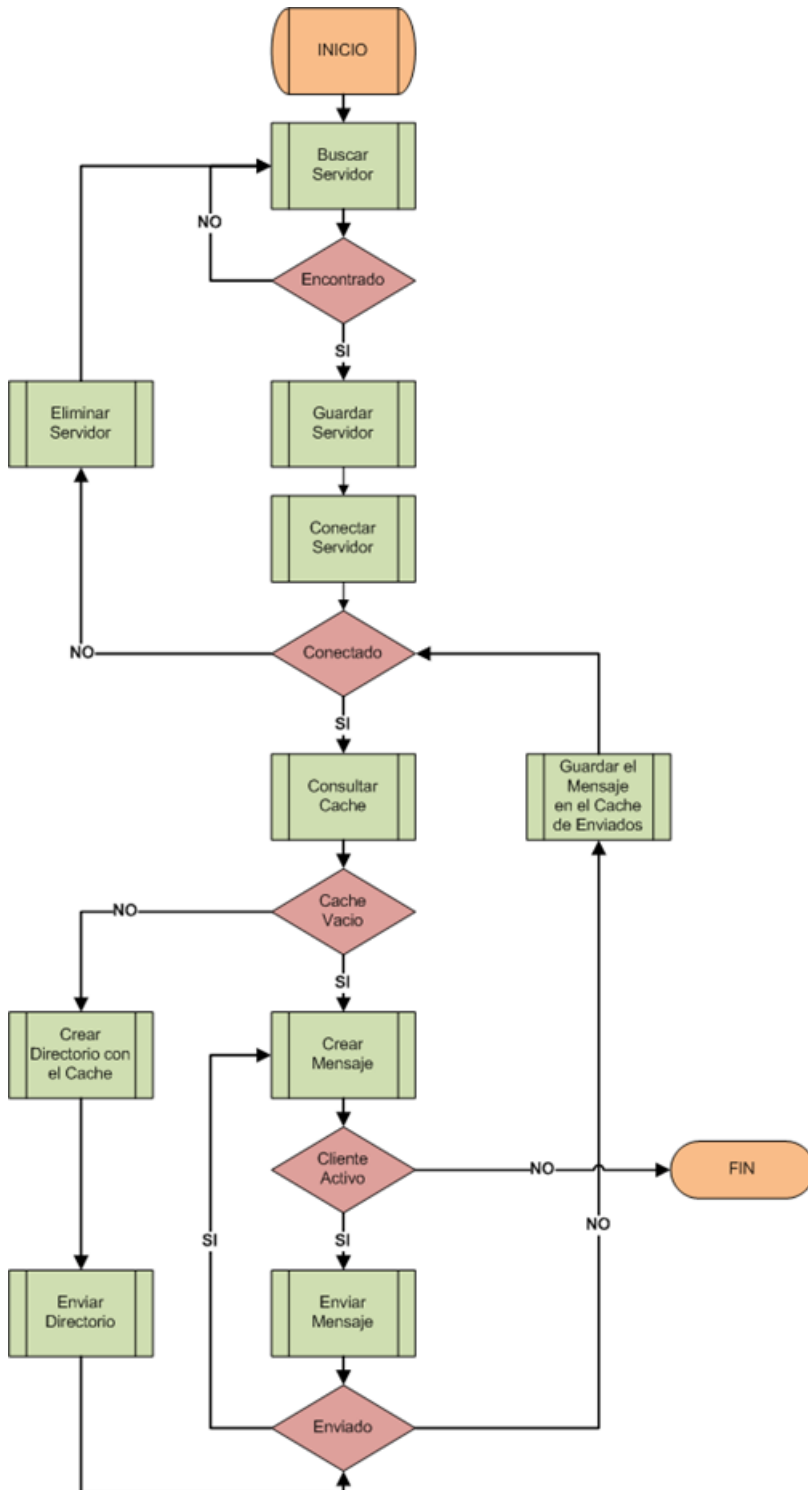


Figura 2. Diagrama de Flujo - Búsqueda y Recuperación del Servicio

se ve interrumpido por una caída de un nodo servidor, mejorando la tolerancia a fallos del método índices locales.

El proceso de recuperación del servicio, debe ser ejecutado cuando un mensaje no puede llegar a su destino. Cuando el Agente-Cliente no puede encontrar el servidor actual, para enviarle mensajes, además de eliminar el identificador, el Agente-Cliente crea un directorio de recuperación donde almacena todos los mensajes que han sido creados, pero que no han sido enviados a un servidor para su procesamiento. Este directorio será enviado al próximo servidor, que se encuentre en el proceso de búsqueda, para que todos los mensajes que se encuentran dentro del directorio sean procesados por el nuevo servidor. La principal característica de este mecanismo, es proveer al Agente-Cliente la capacidad de guardar los mensajes localmente, para que la caída del servicio no se vea interrumpida y pueda ser recuperada fácilmente, mejorando la tolerancia a fallos del método de búsqueda usado.

### **4.3. Caso de Estudio**

Para implementar la arquitectura del sistema se hace uso de dos plataformas: JADE, que será la encargada del manejo de los agentes, del sistema multi-agente y de la comunicación entre los agentes; y JXTA, que será la plataforma encargada de las comunicaciones y del descubrimiento dinámico de nodos sobre la red P2P.

Para probar la técnica de búsqueda, se implementó un servicio de eco. Un servicio de eco consiste en el envío y propagación de mensajes desde un nodo cliente a todos los otros nodos cliente que están utilizando el servicio.

El contenido de cada mensaje de eco es la hora local del sistema. El envío de mensaje se realiza de forma automática, con un intervalo de 6 segundos entre cada mensaje, para obtener un total de 10 mensajes por minuto.

Para implementar el servicio de eco, se crearon dos agentes dentro de la plataforma JADE: El Agente-Eco-Cliente que contiene el cache local e implementa la funcionalidad del envío y recepción de mensajes, y el Agente-Eco-Servidor que realiza la función de transmitir el mensaje a los demás nodos clientes y de procesar el directorio de recuperación.

La cache local del nodo cliente se implementó mediante dos listas de mensajes: Una lista de mensajes enviados y otra lista de mensajes recibidos.

La plataforma JXTA, como se describió anteriormente, será la encargada de crear, publicar y buscar los respectivos advertisements que representan el servicio, en este caso el servicio de eco, en la red JXTA.

### **4.4. Pruebas**

Para la realización del plan de pruebas, se definieron una serie de escenarios posibles, para evaluar las características de búsqueda de servicios en la técnica de búsqueda propuesta. Los escenarios definidos, para la verificación de la técnica de búsqueda propuesta, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Escenarios de prueba.

Número de Escenario	Nodos Cliente	Nodos Servidor
1	Uno o Muchos	Ninguno
2	Ninguno	Uno o Muchos
3	Uno	Uno
4	Uno	Muchos
5	Muchos	Uno
6	Muchos	Muchos

La Figura 3, muestra un diagrama general de cómo están organizados los nodos en la red P2P.

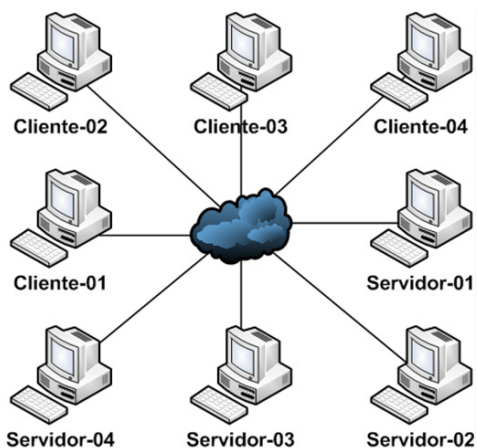


Figura 3. Representación General de los Escenarios de Prueba.

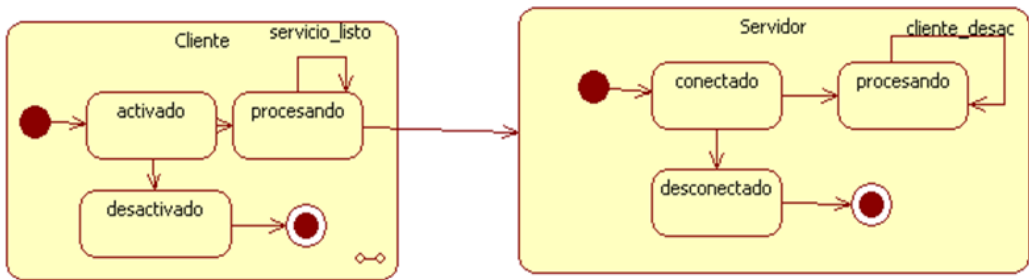
Para realizar las pruebas, los clientes se activan consecutivamente para el envío de mensajes de búsqueda. Se evidencia la recepción de mensajes en los servidores más cercanos a los clientes. Como puede verse en la Tabla 2, los clientes no se conectan todos al servidor más cercano, sino que se reparte la carga de conexiones aleatoriamente. Se encuentra, que el número de mensajes de consulta, no es proporcional al tiempo de respuesta. El promedio del tiempo de respuesta fue de 0,7185 segundos. El tiempo de respuesta para los mensajes de eco tiene un promedio de 0,698 segundos.

Cuando un cliente se desactiva (ver Figura 4), el acceso directo del último servidor utilizado queda almacenado, por lo tanto cuando el cliente se activa nuevamente, este envía el mensaje de conexión directamente al servidor representado por el acceso directo, si el servidor se encuentra conectado, el cliente empieza el proceso de consumo del servicio; si por el contrario, el servidor ya no está conectado a la red, el cliente elimina el acceso directo y empieza un nuevo proceso de búsqueda, encontrando



**Tabla 2.** Datos de prueba.

PRUEBA				
Nodo Cliente	Número de msg	Tiempo de resp.	Nodo Servidor	Estado del servidor
Cliente 01	6	0,648	Servidor 01	Ocupado
Cliente 02	16	0,793	Servidor 01	Ocupado
Cliente 03	12	0,661	Servidor 01	Ocupado
Cliente 04	9	0,550	Servidor 02	Ocupado
Cliente 05	4	0,769	Servidor 02	Ocupado
Cliente 06	24	0,897	Servidor 03	Ocupado
Cliente 07	11	0,671	Servidor 03	Ocupado
Cliente 08	17	0,759	Servidor 03	Ocupado



**Figura 4.** Diagrama de estados Cliente/Servidor

satisfactoriamente un nuevo nodo servidor. Además cuando un cliente se desactiva, el servidor que lo tenía almacenado en sus índices locales, lo elimina al no poder enviarle un mensaje de respuesta.

## Conclusiones

Se definieron y describieron las características de los agentes y los Sistemas Multi-Agente, y las ventajas que presentan este tipo de sistemas. La comunicación en los Sistemas Multi-Agente, es un componente principal de estos, debido a que, los agentes deben tener la capacidad de cooperar, colaborar, negociar y realizar otras tareas que lo ameriten, para poder cumplir sus objetivos. El lenguaje que utilizan los agentes para su comunicación es ACL, el cual permite una separación entre la comunicación y el lenguaje del contenido, permitiendo usar ontologías para especificar y comunicar el conocimiento del dominio del problema de una manera genérica y darle contenido semántico los mensajes ACL.

Las investigaciones realizadas sobre redes superpuestas P2P, y sobre agentes y Sistemas Multi-Agente, evidenciaron que existe una gran relación entre estos dos

sistemas, lo que permite que los beneficios de esta relación, se usen para mejorar la calidad de los servicios prestados.

La prestación de servicios, en la técnica de búsqueda, se divide en tres procesos principales: Creación del Servicio, Búsqueda del Servicio y Recuperación del Servicio. La creación del servicio, es el proceso mediante el cual, un agente crea y publica el servicio en el sistema. La búsqueda del servicio, es el proceso mediante el cual, un agente busca el servicio requerido en el sistema. La recuperación del servicio, es el proceso mediante el cual, un agente que ha perdido la conexión a un servidor, vuelve a conectarse, sin perder los datos del proceso que está realizando.

El mayor aporte, de la técnica de búsqueda, se ve reflejado en la recuperación del servicio y los procesos que se llevan a cabo en este. En el proceso de recuperación del servicio, se hace uso de los tres métodos de búsqueda seleccionados. Primero, se usa el método de súper-nodos, para encontrar el servidor; Segundo, se usa el método de accesos directos, para guardar el ID del servidor, como un acceso directo en el cliente; Tercero, se usa el método de índices locales, para enviar el ID del cliente al servidor, y todos los mensajes que no han sido procesados, así el servidor guarda una lista de todos sus clientes y sus recursos, los cuales son representados por cada mensaje en el directorio de recuperación.

Los resultados obtenidos, en la aplicación de las pruebas, para la verificación de la técnica de búsqueda, demostraron que la técnica realiza sus procesos de una forma correcta y se comporta de la manera esperada. Por lo tanto, puede afirmarse que la técnica de búsqueda, funciona correctamente y muestra resultados satisfactorios en la creación, búsqueda y recuperación de servicios en redes superpuestas P2P, mediante el uso de Sistemas Multi-Agente. <sup>SR</sup>

## Referencias bibliográficas

- JADE (2010). *Java Agent Development Framework*. Recuperado de <http://jade.tilab.com/>
- JXTA (2010). *JXTA Community Project*. Recuperado de <http://www.jxta.org/>
- Mares, S.E., & Escalé, R.M. (2007). *Descobrimient de Serveis en Xarxes Ad-Hoc: Directory Facilitator*. Bellaterra, España: Universitat Autònoma de Barcelona
- Mondéjar, R., Pujol, J., García, P., & Pairot, C. (2006). *Sistemas multi-agente en entornos P2P*, Department of Computer Science and Mathematics, Tarragona, España: Universitat Rovira i Virgili
- Sánchez, M. (2008). *A hierarchical framework for peer-to-peer systems: design and optimizations* [Tesis Doctoral] Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, España

## **Currículum vitae**

### **Alejandro Muñoz Andrade**

Ingeniero de Sistemas, egresado del Programa de Ingeniería de sistemas del Departamento de Sistemas de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca (Colombia). Actualmente se desempeña como ingeniero de desarrollo en *Carvajal Tecnología y Servicios*. Durante el desarrollo de este proyecto fue miembro activo del Grupo de Investigación en Ingeniería del Software de la Universidad del Cauca.

### **Diego Erik Muñoz Luna**

Ingeniero de Sistemas, egresado del programa de ingeniería de sistemas, del Departamento de Sistemas de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Cauca. Actualmente es instructor del SENA en Popayán (Cauca, Colombia). Durante el desarrollo de este proyecto fue miembro activo del Grupo de Investigación en Ingeniería del Software de la Universidad del Cauca.

### **Pablo Augusto Magé Imbachí**

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, egresado del Programa de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones [FIET] de la Universidad del Cauca. Cuenta con una especialización en Redes y Servicios Telemáticos. Actualmente se desempeña como docente de planta, adscrito al Departamento de Sistemas de la FIET. Es miembro del Grupo de Investigación en Ingeniería del Software de la Universidad del Cauca.