

## Coordinando servicios SIG y de Localización para proporcionar funcionalidad SBL a través de Internet

P. Álvarez, J.A. Bañares, R. Béjar, P.R. Muro-Medrano

Depto. de Informática e Ingeniería de Sistemas  
Universidad de Zaragoza  
María de Luna 3. 50015 Zaragoza  
{alvaper, banares, prmuro}@posta.unizar.es  
<http://iaaa.cps.unizar.es>

**Resumen:** Las propuestas de estandarización de organizaciones como OpenGIS y LIF han sido clave para lograr la interoperabilidad con servicios SIG y de Localización respectivamente. Sin embargo, para explotar el auténtico potencial de estos servicios distribuidos en Internet, se requiere un paso adelante en su desarrollo que facilite el trabajo cooperativo entre los mismos. Este trabajo se centra en el contexto de los Servicios Basados en la Localización, presentando una aproximación para resolver las dificultades identificadas para que estos servicios colaboren en arquitecturas abiertas y distribuidas. La solución adoptada está acorde con la tendencia tecnológica actual en el desarrollo de servicios Web, en la que criterios como la interoperabilidad, el uso de protocolos y formatos de datos estándares y la independencia de la plataforma de ejecución del servicio, resultan fundamentales.

**Palabras clave:** Servicios SIG, Servicios Basados en la Localización, Colaboración entre Servicios, Estándares, OpenGIS, Servicios y Arquitecturas en Internet

### 1 Introducción

Según [1], los servicios de procesamiento de información espacial, comúnmente conocidos como servicios SIG, y los servicios de comunicación y adquisición de localizaciones de dispositivos remotos, o servicios de Localización, son la base para poder proporcionar Servicios Basados en la Localización (SBL) más elaborados. En los últimos cuatro años se ha producido una (r)evolución en el desarrollo de este tipo de servicios. Servicios con interfaces propietarias e implementados para plataformas *middleware* tradicionales han sido reestructurados para convertirlos en servicios interoperables y accesibles a través de Internet [2]. La tendencia actual es que estos servicios básicos SIG y de Localización sean accesibles a través de protocolos estándar de Internet tal como HTTP, que utilicen como formato de intercambio de datos XML y sean independientes del servidor que soporta su funcionalidad y almacena sus datos. En este sentido cabe destacar los esfuerzos realizados por

organizaciones como OpenGIS (<http://www.locationforum.org/>), OpenLS (<http://www.opens.org/>) y LIF (<http://www.locationforum.org/>) por estandarizar las interfaces de estos servicios básicos con el propósito de favorecer la interoperabilidad con los mismos.

De acuerdo con esta nueva tendencia, Internet se convierte en un sistema global y distribuido [3, 4] en el que podemos encontrar servicios SIG y de Localización de diferentes fuentes que deben trabajar conjuntamente para proporcionar funcionalidad más compleja integrable en aplicaciones finales. Sin embargo, este crecimiento de Internet y de los distintos servicios accesibles a través de ella, contrasta con el lento proceso que experimenta la tecnología que soporta la cooperación entre los mismos [5]. La necesidad y el interés por esta tecnología no son nuevos. OpenGIS en [6] propone un servicio de procesamiento capaz de definir y ejecutar secuencias de dos o más servicios en las que los resultados de uno alimentan al siguiente para dar lugar a funcionalidad inicialmente no disponible. De igual forma, OpenLS en [7] define, como parte de los servicios de aplicación de su arquitectura, uno para la Notificación de Eventos, que establezca relaciones asíncronas entre servicios.

En este artículo, se comienza presentando la arquitectura de servicios SBL desarrollada, presentando los servicios que la forman y las deficiencias encontradas para que los servicios que la constituyen colaboren. Para resolverlas, se propone un nuevo servicio de alto nivel funcional que proporciona operaciones de coordinación y que es accesible a través de protocolos y formatos de datos estándar de Internet. Finalmente, se detalla un caso de uso real de cooperación entre servicios SIG, de Localización y el servicio de coordinación creado para ofrecer funcionalidad de seguimiento de recursos móviles de empresa, un ejemplo de SBL ampliamente conocido [8, 9, 10].

## **2 Arquitectura de Servicios para ofrecer funcionalidad SBL**

En general, una arquitectura de servicios está definida por un conjunto de servicios organizados según criterios funcionales. En arquitecturas que integran servicios SIG y de Localización es habitual que la organización funcional adoptada sea según el nivel de procesado de los datos involucrados [7, 11]. De acuerdo con este criterio, el modelo conceptual de arquitectura que se ha definido consta de tres niveles funcionales claramente identificados: un nivel de *gestión de datos*, que incumbe el almacenamiento y la recuperación de datos; un nivel de *geoprocesamiento de datos*, que se refiere a la creación de nuevo datos más elaborados a partir de los proporcionados por el nivel inferior; y finalmente, un nivel de *análisis de datos*, que proporciona funcionalidad elaborada para aplicaciones finales.

En la figura 1. se presenta una implementación del modelo arquitectural propuesto. Cada uno de los niveles consta de un conjunto de servicios abiertos sobre Internet, que pueden ser propios o bien subcontratos a proveedores externos.

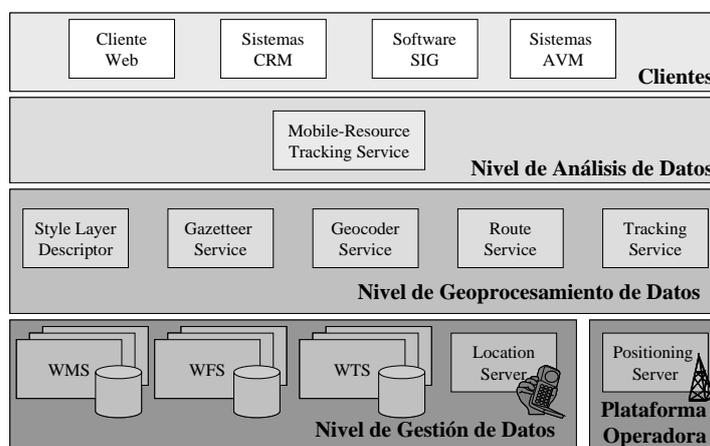


Fig. 1: Arquitectura de Servicios SIG y de Localización

En el nivel inferior, o nivel de gestión de datos, han sido desarrollados o integrados una serie de servicios SIG y de Localización que resultan imprescindibles y cuyas interfaces han sido implementadas de acuerdo a las especificaciones propuestas por OpenGIS y LIF respectivamente. Estos servicios son responsables de proporcionar mecanismos de acceso y consulta a geodatos, tales como mapas digitalizados, descriptores de localización (nombres de calle, pueblos, carreteras, códigos postales,...), datos de sensores (localizaciones de dispositivos móviles, mediciones de sensores remotos,...) o datos más específicos del contexto de SBL (información de tráfico, localización de posibles obras,...).

Entre los servicios SIG de este nivel se encuentran *Web Map Server* (WMS) [12, 13], que facilitan el acceso a cartografía digitalizada, *Web Feature Server* (WFS) [14], que proporciona funcionalidad para el acceso a geodatos y consultas sobre los mismos empleando operadores espaciales, y *Web Traffic Server* (WTS), para el acceso a información sobre las condiciones tráfico de una determinada región geográfica.

Conjuntamente con estos servicios SIG, en el nivel de gestión de datos, se requieren servicios de Localización para la comunicación con los dispositivos móviles y la adquisición de sus localizaciones geográficas. Para disponer de estos servicios pueden ser, o bien contratados a compañías operadoras de telecomunicaciones, o bien desarrollados con tecnología propia. En ambos casos, para facilitar la interoperabilidad con estos servicios, sus interfaces deben estar definidas de acuerdo a las especificaciones propuestas por LIF [15].

Normalmente estos geodatos, accesibles a través de los diferentes servidores del nivel de gestión de datos, no son utilizados de manera aislada, sino que son utilizados por otros servicios funcionalmente más elaborados pertenecientes al nivel de geoprocésamiento. Estos servicios deben ser capaces de combinar geodatos (por ejemplo, mapas con descriptores de localización), de relacionar o transformar

diferentes tipos de descriptores, o calcular nuevos geodatos estructurados. Algunos ejemplos de los servicios desarrollados: *Style Layer Descriptor* (SLD), para acceder a la funcionalidad de WMS y WFS visualizando sobre mapas digitales el resultado de consultas espaciales sobre los servidores de geodatos, de acuerdo a estilos definidos por el usuario del servicio; u otros más especializados desarrollados a partir de la implementación del WFS[16]: *Gazetteers*, que permiten recuperar información espacial a partir de identificadores conocidos, *Geocoders* que convierten una descripción textual no normalizada en una localización geográfica, *Route Server* que calculan caminos óptimos entre localizaciones geográficas o *Tracking Server* que almacenan información sobre las últimas localizaciones conocidas de dispositivos móviles (para más detalles sobre estos servicios, ver [7]).

Finalmente, en la parte alta de la arquitectura, en el nivel de análisis de datos, (también conocido como nivel de servicios de aplicación) está el *Mobile-Resource Tracking Service* (MRTS), típico servicio SBL cuya funcionalidad es integrada a través de Internet en aplicaciones finales (ver trabajos previos [17]). Algunas operaciones que ofrece este servicio: visualizar sobre mapas digitalizados las posiciones tiempo real de los dispositivos móviles, establecer rutas predefinidas y seguirlas, informar de alarmas o alertas, o proporcionar informes operaciones sobre los dispositivos. Para poder soportar las operaciones de alto nivel de su interfaz requiere que los servicios de los dos niveles inferiores colaboren de manera adecuada como si de un único sistema global se tratara.

### **Deficiencias de la Arquitectura SBL implementada**

Cuando se planteó el modelo conceptual de arquitectura que integra servicios SIG y de Localización, ya se intuyó que los tres niveles funcionales no eran independientes entre sí. Este hecho no plantea problemas desde el punto de vista conceptual. Pero éstos surgen cuando los servicios de los diferentes niveles deben de colaborar (encadenarse, combinarse, comunicarse, sincronizarse) entre sí en una implementación real de ese modelo, como sucede en el caso del *Mobile-Resource Tracking Service* (MRTS).

En la arquitectura presentada han sido identificadas una serie de limitaciones para soportar la colaboración entre los servicios SIG y de Localización. El origen de éstas está relacionado fundamentalmente con las características funcionales propias de los servicios de Localización:

- Los servicios de Localización no disponen de persistencia para almacenar las localizaciones recibidas de los dispositivos móviles. Esto exige que si otro servicio necesita acceder a estas localizaciones para procesarlas, debe hacerlo en el momento en el que son adquiridas por el servicio de Localización.
- No soportan modelos de acceso a datos de localización con múltiples consumidores simultáneos. Dado que no tiene persistencia y que las operaciones para el acceso a las localizaciones son ofrecidas a través del

protocolo de Internet HTTP, cada vez que un servicio solicita la localización de un dispositivo únicamente él tiene la posibilidad de obtener la respuesta a su petición. Si múltiples servicios requieren acceder a la localización de un mismo dispositivo, una petición independiente deberá ser invocada por cada uno de ellos.

- Los resultados de las operaciones del servicio de Localización son asíncronos en el tiempo. Un servicio puede solicitar la localización inmediata o por periodo de un dispositivo móvil, pero el servicio de Localización no conoce a priori cuál es el tiempo que requiere para dar una respuesta a esa petición debido a la propia naturaleza de las comunicaciones con los dispositivos físicos. Esta asincronía es incompatible con el modelo petición/respuesta que soporta el protocolo de Internet HTTP.
- El servicio de Localización ofrece como parte de su interfaz operaciones en las que la iniciativa la tiene el dispositivo físico y no el cliente del servicio. Por ejemplo, generación de alarmas de emergencia o de eventos de localización cuando el dispositivo físico entra o sale de una determinada región geográfica. Clientes del servicio deben poder suscribirse para ser notificados cuando estas alarmas o eventos tengan lugar, en vez de tener que estar continuamente interrogando al servicio para comprobar si se han producido.

Identificadas estas limitaciones, se trata de huir de soluciones “*ad-hoc*” y se aborda el problema con el objetivo final de disponer de un mecanismo que permita coordinar (sincronizar y comunicar) [18] y encadenar servicios que trabajan en Internet. Este mecanismo debe ser accesible a través de red utilizando protocolos y formatos de datos estándar, independiente de la plataforma de ejecución de los servicios que se coordinan, y debe mantener desacoplados los servicios básicos que intervienen en la cooperación o en el encadenamiento. Para que esta coordinación sea efectiva debe soportarse una interoperabilidad sintáctica y semántica entre los servicios que cooperan a través de este mecanismo. La primera de ellas se consigue por medio de los estándares que facilitan un lenguaje común para los datos intercambiados por los servicios. Mientras que la interoperabilidad semántica, de momento, queda relegada para futuros trabajos.

### **3 Servicio de Coordinación sobre Internet**

Para coordinar servicios sobre Internet, se ha construido un nuevo servicio que proporciona a través de su interfaz un conjunto de operaciones de coordinación de alto nivel. Este servicio debe ser construido a partir de un modelo de coordinación. No se plantea la posibilidad de definir un nuevo modelo, debido a que se trata de una problemática alejada del área de trabajo de los Sistemas de Información. Sino utilizar uno ya definido que se ajuste a los requisitos planteados y que es conocido con el nombre de modelo de Comunicación Generativa [19]. Básicamente, se basa en la existencia de un espacio compartido de intercambio de mensajes a través del cual

procesos productores y consumidores colaboran sin conocerse entre sí. Un proceso productor inserta un mensaje que se identifica de manera única en el espacio. Mientras que los procesos consumidores pueden recuperar mensajes existentes en el espacio especificando plantillas con las que deben corresponder dichos mensajes.

Aplicado este modelo de coordinación a la problemática de este trabajo, el espacio compartido debe ser accesible a través de Internet a través del protocolo HTTP. Los mensajes que se van a escribir en o leer del espacio deben ser codificados en formato XML, siendo la sintaxis de su contenido acorde con estándares de geodatos o de localizaciones, tales como los propuestos por OpenGIS o LIF respectivamente. Y los procesos productores o consumidores de estos mensajes serán servicios de Localización o SIG de la arquitectura presentada respectivamente.

### **Detalles de Diseño del Servicio de Coordinación**

El servicio construido consta de tres componentes (ver figura 2.):

- *Componente XML-Espacio*: Este componente encapsula en su interior un espacio de intercambio de mensajes codificados en formato XML. Las operaciones que proporciona a través de su interfaz permiten escribir mensajes XML en el espacio, leerlos haciendo una copia o eliminándolos del espacio y ser notificado cuando otro proceso escribe un nuevo mensaje que concuerde con una plantilla especificada. Para implementar este espacio de intercambio se ha utilizado como base la tecnología *JavaSpaces* [20, 21], que proporciona una implementación del modelo de Comunicación Generativa en el que los mensajes intercambiados son objetos Java. Por tanto, este componente proporciona un repositorio compartido para el almacenamiento e intercambio de mensajes XML que internamente son almacenados como objetos Java.
- *Componente de Coordinación Java*: Este componente es el núcleo del servicio de coordinación. Consta de dos interfaces: *Interfaz de Coordinación Básica* (ICB) y *Interfaz de Coordinación Reactiva* (ICR). El primero ofrece operaciones para que procesos externos se comuniquen o sincronicen a través de uno o más espacios escribiendo o leyendo mensajes. Si un proceso trata de leer un mensaje que no existe todavía en el espacio, entonces se bloquea a la espera que otro proceso escriba un mensaje que concuerde con la plantilla especificada por el proceso lector. Este estilo de cooperación no siempre es adecuado en entornos distribuidos, tales como Internet. Un estilo reactivo basado en la notificación de eventos es más adecuado [22].

El ICR proporciona operaciones para que procesos externos puedan informar de su disposición a publicar cierto tipo de mensajes XML de acuerdo a una sintaxis concreta, para que esos procesos puedan publicar tales mensajes y para que otros procesos puedan manifestar su interés en ser notificados cuando dichas publicaciones tengan lugar. Estas operaciones soportan un estilo de cooperación reactivo y desacoplado en el tiempo.

Cuando un proceso externo invoca una operación del ICB o del ICR, un representante del proceso invocador especializado en comunicación, sincronización o comportamiento reactivo es creado dentro del componente. Los procesos externos delegan su tarea de coordinación con otros procesos en sus representantes internos, los cuales colaboran entre ellos a través del espacio compartido proporcionado por el componente previo. Además, para favorecer una relación desacoplada entre el proceso externo y su representante interno, éste último comunica los resultados de su tarea o cooperación con otros representantes a su respectivo proceso por medio del envío de eventos codificados en XML.

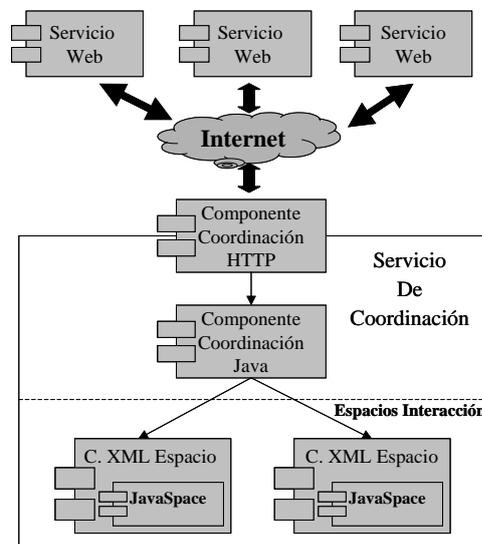


Fig. 2: Diagrama de Componentes del Servicio de coordinación en Internet

- *Componente de Coordinación HTTP*: El papel desempeñado por este componente básicamente consiste en ofertar las operaciones de las dos interfaces del componente anterior a procesos (en este caso servicios) distribuidos por la red. Dichas operaciones van a ser accesibles a otros servicios distribuidos por Internet a través del protocolo HTTP y empleando XML como formato de intercambio de mensajes o datos.

#### 4 Ejemplo de Cooperación entre servicios SIG y de Localización para soportar funcionalidad SBL

Como se puede observar en la figura 3, la arquitectura propuesta ha sido complementada con el servicio de coordinación desarrollado para dar soporte a la cooperación entre servicios y solventar las limitaciones previamente presentadas.

En este caso de uso, el servicio de coordinación sirve como un repositorio compartido de localizaciones geográficas de dispositivos móviles que están codificadas en formato XML de acuerdo a la sintaxis del estándar LIF. El *Mobile-Resource Tracking Service* (MRTS) configura los servicios de Localización para que produzcan localizaciones geográficas de los recursos móviles sometidos a seguimiento. Estos servicios de Localización insertan los datos recibidos de los dispositivos móviles en el servicio de coordinación, utilizando las operaciones de escritura de mensajes XML en el espacio que encapsula el servicio.

Servicios SIG, como *Route Server* o *Tracking Server*, se comportan como consumidores de datos de localizaciones geográficas de dispositivos móviles. Estos servicios utilizan las operaciones de lectura o de suscripción proporcionadas por el servicio de coordinación para acceder a datos de localización o ser notificados cada vez que nuevos datos son escritos por servicios de Localización. De esta forma, empleando el estilo de lectura de datos más adecuado en cada caso, pueden “alimentarse” de la información de localización que requieren.

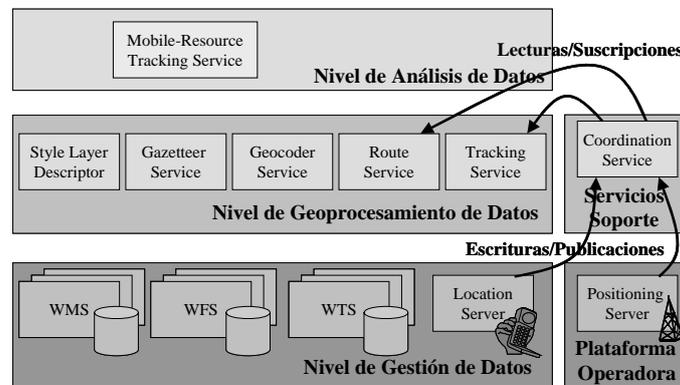


Fig. 3: Despliegue de cooperación entre servicios

Finalmente, estos servicios SIG consumidores de datos de localización conjuntamente con el resto de servicios SIG de visualización y geoprocesamiento, son utilizados por el MRTS para proporcionar su funcionalidad a las aplicaciones finales. Por ejemplo, para visualizar sobre mapas digitalizados las posiciones en las que se encuentran los recursos móviles (vehículos, técnicos de campo,...) y los recursos estáticos (almacenes, clientes,...) de una empresa que contrate el servicio.

Como se puede comprobar en este ejemplo, el servicio de coordinación resuelve las limitaciones planteadas en la arquitectura previa: actúa como un repositorio persistente de las localizaciones que generan los servicios de Localización, permite que un mismo dato de localización pueda ser consumido por múltiples servicios consumidores, y a pesar de restricciones temporales que imponen los sistemas de comunicación con los dispositivos físicos, los servicios únicamente consumen datos cuando estos ya están disponibles independientemente del tiempo que necesitan los servicios de Localización para la adquisición de los mismos.

## 5 Conclusiones y trabajo futuro

Para extraer el verdadero potencial de los servicios interoperables en Internet, debe disponerse de mecanismos que faciliten su trabajo como un único sistema global. En este trabajo se han identificado los problemas que surgen a la hora de cooperar servicios SIG y de Localización para ofrecer funcionalidad SBL más compleja. Se ha planteado una solución a estas dificultades de acuerdo a la tendencia tecnológica actual, en la que los estándares se convierten en pieza clave para facilitar esa cooperación entre servicios.

Múltiples líneas de trabajo siguen abiertas: estudio de la flexibilidad del servicio construido para establecer condiciones de sincronización y flujos de encadenamiento de servicios en formato XML; uso de ontologías y tesauros que faciliten la interoperabilidad semántica entre servicios; y diseño y desarrollo, utilizando el servicio construido como repositorio distribuido de información en XML, de un registro que facilite la búsqueda de servicios SIG sobre Internet.

### Agradecimientos

La tecnología de base de este proyecto ha estado parcialmente financiada por los proyectos TIC2000-1568-C03-01, TIC2000-0048-P4-02 y FIT-0700002000B270827 del Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Ministerio de Ciencia y Tecnología de España, co-financiado con recursos del FEDER, y por el proyecto P089/2001 del Consejo de I+D del Gobierno de Aragón.

### Referencias

- [1] ESRI. "What Are Location Services? The GIS Perspective". An Esri White Paper, December 2000. Available in <http://www.geojava.com>. 2000.
- [2] Graham, S.. "Building Web Services with Java". Publicado por SAMS Publishing. 2002.
- [3] Crowcroft, J.. "Open Distributed Systems". Publicado por Artech House. 1996.
- [4] Bhatt, B.. "A survey of middleware solutions". Disponible en <http://triton.towson.edu/~karne/research/middleware1.pdf>. 2002.
- [5] Cruz, J.C., Ducasse S.. "Coordinating Open Distributed Systems". Disponible en <http://www.iam.unibe.ch/~scg/Archive/Papers/Cruz99FTDCS.pdf>. 2002.
- [6] Open GIS Consortium Inc.. "A Request for Technology. In Support of an OGC Web Services Initiative". Mayo 2001.

- [7] Open GIS Consortium Inc.. "Call for Participation in the Open Location Services Testbed Phase I (OPENLS-1)". Technology Office. Julio 2001.
- [8] Muro-Medrano, P.R., Infante, D., Guilló, J., Zarazaga, J., Bañares, J.A.. "A CORBA infrastructure to provide distributed GPS data in real time to GIS applications". Computers, Environment and Urban Systems, 23, 271-285. 1999.
- [9] Zarazaga-Soria, F.J., Álvarez, P., Bañares, J.A., Nogueras, J., Valiño, J., Muro-Medrano, P.R.. "Examples of vehicle location systems using CORBA-based distributed real-time GPS data and services". Computers, Environment and Urban Systems. Vol. 25/3, pag. 293-305. 2001.
- [10] Peng, Z., Beimborn, E.. "Internet GIS: applications in transportation". TR new, Num. 195, Marzo/Abril, pag. 22-26. 1998.
- [11] Thill, J.C.. "Geographic Information Systems for transportation in perspective". Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 8, Issues 1-6, pag. 3-12. 2000.
- [12] OpenGIS Consortium Inc.. "OpenGIS Web Map Server Interface Specification (version 1.0)". OpenGIS Project Document 99-077r4. 2000.
- [13] Fernández, P., Béjar, R., Latre, M.A., Valiño, J., Bañares, J.A., Muro-Medrano, P.R.. "Web mapping interoperability in practice, a Java approach guided by the OpenGis Web Map Server Interface Specification". EC-GIS. 2000, 6th European Commission GI & GIS Workshop. Lyon (Francia). 2000.
- [14] Open GIS Consortium Inc.. "Web Feature Server Implementation Specification. Version 0.0.14." 17-oct-2001.
- [15] Location Inter-operability Forum (LIF). "Mobile Location Protocol Specification". LIF TS 101 v2.0.0. Noviembre, 2001.
- [16] Dessard, V.. "GML&Web Feature Server. The Baseline for Online Geoservices". GeoInformatics, Vol. 5 (Marzo), pag 38-41. 2002
- [17] Bañares, J.A., Álvarez, P., Béjar, R., Blasco, S., Muro-Medrano, P.R.. "Enhancing Field Service Support in CRM Systems with LBS". EC-GIS 2001, 7th European Commission GI & GIS Workshop, Managing the Mosaic. Postdam (Alemania). 2001.
- [18] Papadopoulos, G., Arbab. F.. "Coordination models and languages". Advances in Computers, Vol. 46: The Engineering of Large Systems. Academic Press, 1998.
- [19] Carriero, N., Gelernter, D.. "LINDA in context". Communication of the ACM, Vol. 32, Num. 4, pag. 444-458. Abril, 1989.
- [20] Freeman, E., Hupfer, S.. "Make a room for JavaSpaces, Part I". Disponible en <http://www.javaworld.com/javaworld/jw-11-1999/jw-11-jiniology.html>. 2002.
- [21] Freeman, E., Hupfer, S., Arnold, k.. "JavaSpaces Principles, Patterns, and Practice". Addison Wesley, 3<sup>rd</sup> Edition. 1999.
- [22] Khare, R., Rifkin, A.. "Scenarios for an Internet-Scale Event Notification Service". Disponible en <http://www.cs.caltech.edu/~adam/isen/draft-khare-notify-scenarios-01.txt>. 2002.