

Uso de Agentes Móviles para la Búsqueda y Recuperación de Información Bibliográfica

José A. Royo and Eduardo Mena

Departamento IIS, Universidad de Zaragoza
emena@posta.unizar.es

Resumen El número de sistemas de búsqueda y recuperación de información aumenta cada día. Aunque la mayor parte de las aproximaciones siguen técnicas basadas en una arquitectura cliente/servidor, uno de los inconvenientes es la dependencia de la fiabilidad de la red.

En este artículo presentamos una aproximación basada en agentes móviles, que permite analizar diferentes depósitos de datos, así como mantener la consistencia de sistemas de publicaciones distribuidos. Nuestra aproximación tiene la ventaja de optimizar el uso de la red y de ser robusta frente a desconexiones del cliente.

1 Introducción

El desarrollo de sistemas que permiten la búsqueda y recuperación de información es una de las áreas de mayor interés actualmente. Hasta ahora la mayoría de las aproximaciones se basan en una aproximación cliente/servidor, donde un cliente solicita datos a una serie de servidores. Así el análisis de los datos se realiza en el cliente o dichos datos deben ser enviados al siguiente servidor para realizar un análisis incremental de la consistencia. Ambos métodos requieren una conexión de red continua.

Actualmente se están desarrollando nuevas aproximaciones basadas en agentes software que abren nuevas posibilidades de diseño. En este artículo proponemos una aproximación basada en agentes móviles inteligentes [2, 12] debido a su capacidad de llevar a cabo tareas especializadas en distintos ordenadores de la red sin necesidad de una conexión continuada con el ordenador del usuario.

Las ideas aquí presentadas se han aplicado, a modo de escenario de ejemplo, al depósito de publicaciones del grupo de Bases de Datos Interoperantes (BDI) de la Universidad del País Vasco. En este ejemplo se integrarán referencias bibliográficas almacenadas en ficheros BibTeX localizados en distintos ordenadores.

El resto del artículo es como sigue. En la sección 2 presentaremos las características del escenario de ejemplo. En la sección 3 describimos brevemente las ventajas de la utilización de agentes móviles en sistemas de información distribuidos. En la sección 4 presentamos la arquitectura del sistema propuesto y sus principales módulos. En la sección 5 describimos la funcionalidad del agente móvil utilizado en el escenario de ejemplo para recolectar, analizar y almacenar referencias BibTeX. Algunos trabajos relacionados son incluidos en la sección 6. Finalmente, la sección 7 recoge las conclusiones y trabajo futuro.

2 Escenario de Ejemplo: Publicaciones del Grupo BDI

Para ilustrar la utilidad de los agentes móviles en sistemas que deben realizar el análisis de información distribuida en distintos depósitos de datos nos basaremos en un ejemplo de aplicación: el depósito de publicaciones del grupo de Bases de Datos Interoperantes (BDI) de la Universidad del País Vasco. A continuación describiremos algunas de las características más relevantes de dicho depósito de datos (ver la figura 1).

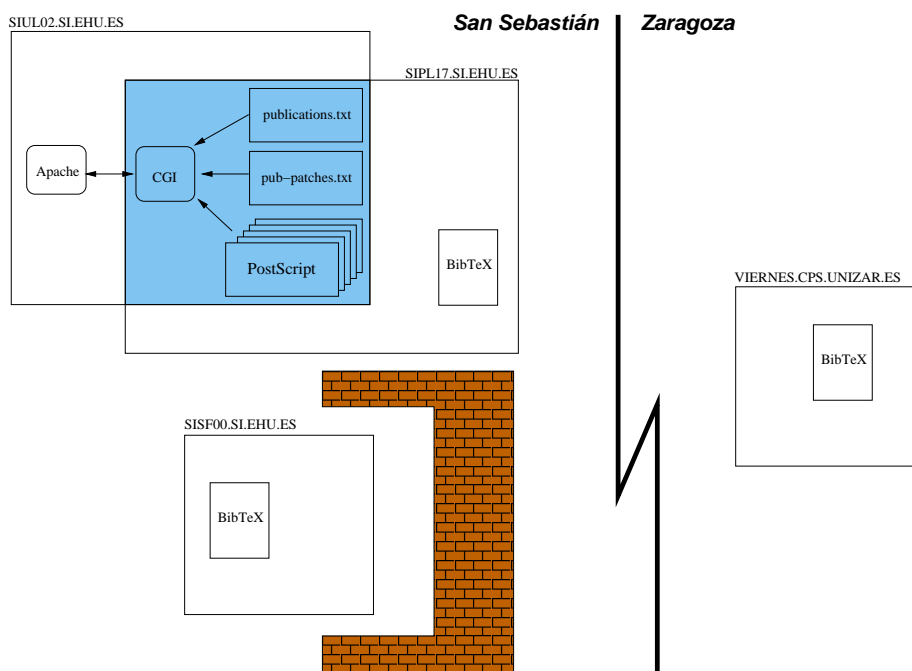


Figura1. Gestión de las publicaciones en el grupo BDI

- *Tipos de publicaciones.* El trabajo con publicaciones del grupo BDI se reduce a dos tareas: 1) almacenamiento de referencias BibTeX que se usan para elaborar artículos de investigación, y 2) gestión de un sitio web donde se hayan disponibles las referencias y ficheros PostScript de las publicaciones de los miembros del grupo.
- *Distribución en San Sebastián.* Desde la formación del grupo BDI, el ordenador denominado `sif00` ha sido utilizado para la elaboración de artículos. Sin embargo, en los últimos años también se ha venido utilizando un ordenador propio del grupo, denominado `sip17`. Además el servidor web del grupo, instalado en el ordenador denominado `siul02`, ofrece acceso a las publicaciones

- del grupo así como a los ficheros PostScript de las mismas. Por razones de seguridad y facilidad de uso parte del disco de siul02 es visible desde sipl17.
- *Distribución entre universidades.* El hecho de que algunos de los miembros del grupo BDI trabajen en la Universidad de Zaragoza complica aún más la elaboración de publicaciones debido a dos razones: 1) el uso de herramientas gráficas, y 2) la información de sisf00 es inalcanzable desde Zaragoza, debido a que sisf00 se encuentra tras un cortafuegos. Por tanto, los miembros del grupo BDI en Zaragoza trabajan en un ordenador local, llamado viernes.

2.1 Publicaciones en la Web

Al igual que la mayoría de los grupos de investigación, el grupo BDI desarrolló un servicio web para facilitar el acceso a las publicaciones del grupo a aquellas personas interesadas. En lugar de diseñar una serie de páginas HTML estáticas, se optó por desarrollar un sistema que, a partir de un fichero de texto describiendo las publicaciones del grupo, generara las páginas adecuadas en tiempo de ejecución. Para ello se diseñó un formulario web enlazado con un CGI con las siguientes funcionalidades:

1. Recibe los parámetros del formulario indicándole las condiciones que deben cumplir las publicaciones a mostrar.
2. Consulta un fichero de texto llamado “publications.txt” que sirve de catálogo para las publicaciones del grupo BDI.
3. Verifica si existe, en unos ciertos directorios predeterminados, algún fichero PostScript correspondiente a cada publicación, según cierta nomenclatura.
4. Consulta un fichero de texto llamado “pub-patches.txt” que almacena código HTML que hay que incluir en ciertas entradas. Su formato es: identificador de publicación, seguido de cualquier texto HTML. De esta forma podemos añadir cualquier tipo de nota anexa a ciertas publicaciones.

En este sistema web únicamente están accesibles las referencias bibliográficas de las publicaciones en las que alguno de los autores es o ha sido miembro del grupo BDI.

Por motivos de seguridad, y dado que tanto sipl17 como siul02 están fuera del cortafuegos, siul02 (que es donde reside el servidor web del grupo BDI) sólo puede ser accedido por el administrador del sistema. Por tanto, y para facilitar tanto la actualización del fichero con las publicaciones del grupo como la adición de nuevos ficheros PostScript, parte del disco de siul02 ha sido exportado a sipl17 (ver en la figura 1 el área sombreada entre sipl17 y siul02). De esta forma los miembros del grupo BDI pueden trabajar solamente en sipl17 y hacer disponibles ficheros en la Web sin ni tan siquiera tener que hacer FTP a siul02.

Con el sistema descrito los miembros del grupo BDI pueden describir sus nuevas publicaciones en un formato sencillo y hacer disponible el PostScript correspondiente simplemente dejando el fichero con el nombre adecuado en uno de los directorios definidos para ello. El CGI se encargará tanto de seleccionar las publicaciones que cumplen las condiciones indicadas en el formulario de consulta, así como de mostrarlas adecuadamente en formato HTML.

2.2 Problemas y objetivos a conseguir

Este sistema, a pesar de ofrecer el servicio esperado desde 1995, tiene un conjunto de limitaciones que pasamos a detallar a continuación:

- *Inconsistencia entre ficheros Bib_{TEX}*, debido a que algunas citas bibliográficas se describen únicamente en uno de los tres ficheros. O lo que a veces es peor, la misma publicación se describe en distintos ficheros Bib_{TEX} pero de forma distinta (distinto identificador, datos incompletos o no actualizados).
- *Duplicidad de datos entre ficheros Bib_{TEX} y “publications.txt”*. Los ficheros Bib_{TEX} se utilizan únicamente para su referencia desde fuentes L_{ATEX} mientras que “publications.txt” se utiliza para interrogar al depósito de publicaciones en la Web y obtener las páginas de respuesta dinámicamente. Sin embargo, las publicaciones del grupo BDI aparecen tanto en “publications.txt” como en alguno de los ficheros Bib_{TEX}.
- *Opciones de consulta estáticas*. El formulario de consulta se diseñó como una página HTML estática, es decir las palabras clave, autores y tipo de publicaciones sobre las que se puede consultar esta predeterminado. Si cambian los miembros del grupo BDI o se publican artículos sobre nuevos temas se debe modificar manualmente la página HTML para poder preguntar sobre ellos.
- *Consulta únicamente sobre publicaciones del grupo BDI*. Sería interesante poder realizar consultas sobre todo el fondo bibliográfico del grupo, incluido en los ficheros Bib_{TEX}. Aún así no se desea perder la posibilidad de restringirse sólo a las publicaciones del grupo.

Por tanto, los objetivos principales de la aplicación propuesta en este artículo son los siguientes: 1) *Integración de todos los datos sobre publicaciones*, con la idea de poder preguntar por cualquier publicación disponible en el depósito de publicaciones del grupo BDI; 2) *Análisis de inconsistencias inteligente* entre la información de los distintos depósitos de datos distribuidos; y 3) *Posibilidad de actualizar los distintos depósitos de datos* para mantener la consistencia. Y todo ello sin obligar a cambiar el modo de trabajo de los miembros del grupo BDI ni la funcionalidad de los ordenadores que habitualmente usan.

3 Tecnología de Agentes Móviles

En esta sección describiremos brevemente los aspectos más destacables de la tecnología de agentes móviles, así como las características que les hacen interesantes frente a soluciones basadas en cliente/servidor.

Comenzaremos por definir que un *agente software* [2, 12] es un módulo software que se ejecuta en un cierto contexto de ejecución o *place*. Un *place* es creado usando un *sistema de agentes*¹. Un agente posee las siguientes propiedades principales²: 1) *Autonomía*, posee el control sobre sus propias acciones; 2) *Finalidad*,

¹ Un Sistema de Agentes [7] es una plataforma que puede crear interpretar, ejecutar, transferir y liberar agentes.

² En algunos contextos concretos no tienen porqué concurrir todas las propiedades.

gestiona una agenda de objetivos; 3) *Cooperación*, un agente es capaz de comunicarse con otros agentes; 4) *Aprendizaje*, cambia su comportamiento de acuerdo a su experiencia previa; 5) *Movilidad*, puede viajar de un ordenador a otro (en realidad, de un *place* a otro); 6) *Reactividad*, siente los cambios de su entorno y reacciona ante ellos; y 7) *Persistencia*, para poder interrumpir su ejecución y continuarla más adelante.

Sin embargo, en el contexto de los sistemas de información distribuidos la movilidad se convierte en una de las características más interesantes. Algunos de los sistemas de agentes móviles más relevantes son Aglets [5] y Voyager [8].

¿Por qué utilizar agentes móviles? Antes de que la tecnología de agentes móviles se hiciese realidad, sólo existía una aproximación para el diseño de sistemas distribuidos: la aproximación cliente/servidor, donde un módulo denominado “cliente” invoca servicios remotos de un módulo remoto que acepta dichas llamadas, denominado “servidor”. Este procedimiento también se denomina llamada a procedimientos remotos o *Remote Procedure Calling (RPC)*. Existen diferentes protocolos de comunicaciones que implementan esta idea, como RMI y CORBA

Sin embargo, con la llegada de los agentes móviles existe una nueva posibilidad. Los agentes móviles son módulos inteligentes y autónomos que se mueven por sí mismos de un ordenador a otro, llevando consigo su estado y continuando su ejecución en el ordenador remoto. Algunas ventajas del uso de los agentes móviles, relacionadas con el acceso a información remota, son las siguientes:

- *Encapsulan el protocolo de comunicaciones*. El agente móvil sabe cómo moverse por sí mismo de un lugar a otro.
- *Son asíncronos*. No necesitan comunicaciones síncronas para trabajar, aunque por supuesto pueden sincronizarse con otros módulos o agentes.
- *Permiten reducir el uso de la red*. En el modelo RPC clásico, cuando un servicio es invocado remotamente, la conexión de la red debe estar abierta desde la invocación del método remoto hasta que se obtienen los resultados. En el caso de los agentes móviles, cuando el agente ha llegado al ordenador destino, la conexión a red ya no se necesitará hasta que el agente necesite viajar de nuevo o comunicarse remotamente.
- *Interacción local*. En lugar de realizar llamadas a procedimientos remotos pueden viajar al ordenador adecuado e interactuar localmente con el sistema servidor.
- *Adaptabilidad al contexto*. Pueden comportarse de forma diferente en sitios diferentes, adaptándose a los recursos disponibles.

4 Sistema de Acceso a Datos usando Agentes Móviles

Para satisfacer los requerimientos indicados hemos diseñado un nuevo sistema, basado en la arquitectura del anterior. De cara a facilitar el acceso a todas las referencias bibliográficas del grupo BDI, almacenaremos la información integrada

de todos los ficheros BibTeX en una base de datos relacional. Describimos a continuación las principales aplicaciones (ver figura 2):

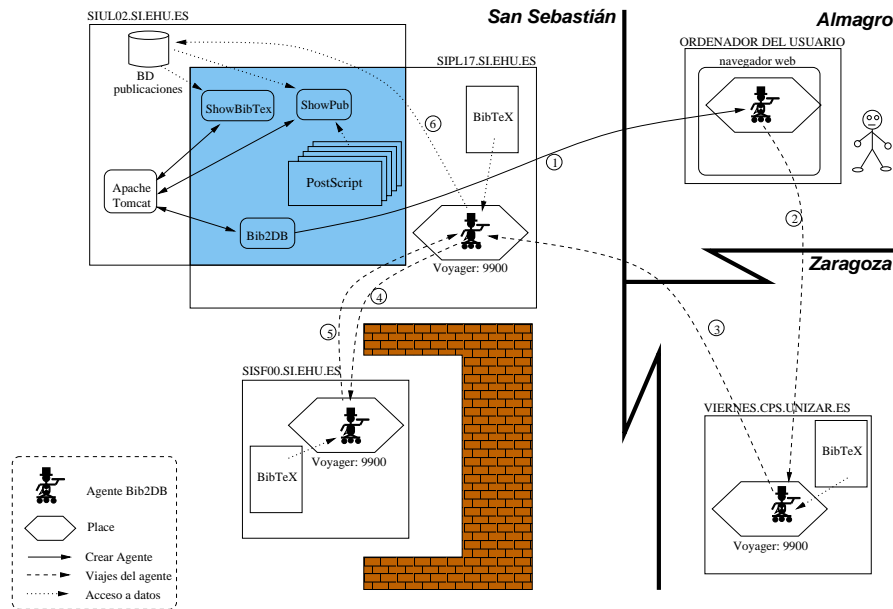


Figura2. Arquitectura de QBIB

- *Bib2DB*. Su objetivo es recopilar referencias bibliográficas distribuidas en varios ficheros BibTeX. Mediante un formulario se definen los ficheros BibTeX que hay que analizar. Al lanzar la aplicación se ejecutará en el navegador del usuario un applet (ver figura 3) con dos objetivos iniciales (ver figura 1, flechas numeradas): 1) crear un agente móvil³ que se encargará de recopilar, analizar y almacenar en una BD las referencias bibliográficas, y 2) mostrar al usuario las tareas que va desarrollando el agente móvil. Dicho agente irá viajando a los ordenadores indicados y accediendo e integrando la información residente en los distintos ficheros BibTeX. En la figura 2 se han numerado los pasos correspondientes a una ejecución de ejemplo donde se debe viajar a viernes, sipl17 y sisf00 (con sipl17 como proxy). Finalmente el agente, antes de finalizar su ejecución y tras solicitar la aprobación del usuario, almacena la información integrada en una BD (en siul02, en el escenario de ejemplo) donde queda a disposición de otras aplicaciones. En la sección 5 describimos este proceso con más detalle.
- *ShowPub*. Es la aplicación que permite realizar preguntas sobre las publicaciones. Se compone de un JSP [1] que genera dinámicamente el formulario

³ Para ello el applet creará un place en el navegador web del usuario.

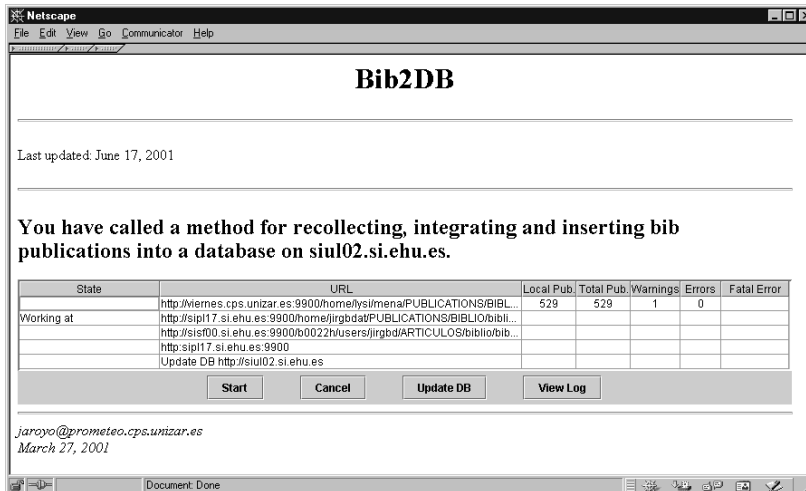


Figura3. Bib2DB: Applet para informar al usuario

de condiciones. Las posibles palabras clave y los tipos de publicaciones son obtenidos de la BD de publicaciones, los miembros (actuales y pasados) del grupo BDI son obtenidos tras analizar en tiempo de ejecución las páginas web del grupo donde se enumeran los mismos. Tras rellenar el formulario, se invoca a otro JSP que realiza básicamente la misma labor que el CGI del sistema anterior pero consultando la BD de publicaciones. También permite obtener el registro Bib_{TEX} para cada publicación mostrada.

- *ShowBibTex*. El objetivo es mostrar en formato Bib_{TEX} todas las referencias bibliográficas almacenadas en la BD de publicaciones. Esta información puede utilizarse para reemplazar cualquiera de los ficheros Bib_{TEX} del sistema, ya que contiene la información integrada de todos ellos.

En el caso haber seguido una aproximación RPC se sobrecargaría la máquina que contiene los servicios web, que en el caso de ejemplo posee una prestaciones menores que el resto. En cambio, mediante el uso de agentes móviles puede observarse que la carga del sistema se distribuye entre las distintas máquinas.

5 El Agente Móvil Bib2DB

En la figura 4 mostramos el algoritmo que sigue el agente móvil que recopila información bibliográfica. Como ya hemos comentado, el agente es creado por el applet que se ejecuta tras rellenar el formulario donde se indican los ficheros Bib_{TEX} a analizar⁴. A partir de ese momento, el agente comenzará a viajar a los ordenadores correspondientes, accediendo y analizando los ficheros indicados.

⁴ La labor de recopilación de referencias se dispara al solicitarlo el usuario pero con muy poco esfuerzo se podría incorporar a un sistema automático que lanzara el agente cuando alguno de los ficheros Bib_{TEX} ha sido actualizado.

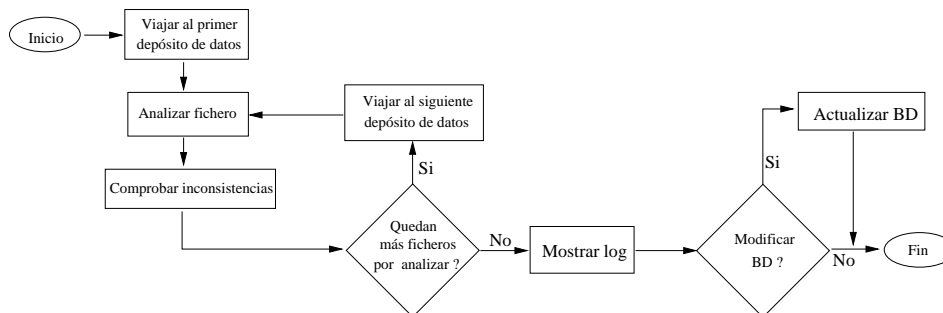


Figura4. Algoritmo del agente móvil

5.1 Acceso distribuido a ficheros BibTeX

El agente móvil es capaz de viajar a los ordenadores que contienen los ficheros indicados por el usuario y realizar la integración de la información accedida de una manera inteligente. A continuación describimos brevemente algunas de las características exhibidas en esta fase:

- *Gestión de proxies*: algunos ficheros pueden encontrarse en ordenadores que no son accesibles desde cualquier lugar. En esos casos se puede especificar el punto de acceso (o proxy) a dichos ficheros. Así, el agente primero viajará al proxy, luego al ordenador que contiene el fichero, lo leerá, volverá al proxy, realizará el análisis de consistencia⁵, y continuará con el siguiente fichero.
- *Insensibilidad a desconexiones*: el agente continuará con su trabajo incluso si pierde la comunicación con el usuario temporalmente.
- *Insensibilidad a fallos en la red*: en el caso de no poder viajar a algún ordenador, el agente tiene asignada una cierta política de reintento, que podría variar según la situación.
- *Análisis de inconsistencias*: el agente es capaz de detectar las diferencias existentes entre dos publicaciones que tienen el mismo identificador o las similitudes entre dos referencias que podrían ser la misma. En tales casos se registrará un mensaje de error o de aviso, dependiendo del caso.

Hay que tener presente que el agente debe ser lo suficientemente inteligente para analizar textos L^AT_EX y poder modificar los caracteres especiales que utiliza dicho formato [4]. En el caso de que el tipo de sistema al que se tuviese que acceder fuese distinto serviría el mismo tipo de aproximación mediante la utilización de agentes móviles, solamente habría que cambiar la parte de acceso a ficheros. Por ejemplo, con sustituir el wrapper propiamente dicho se podrían acceder ficheros MARC o bases de datos de publicaciones; el agente móvil invocaría al wrapper que fuese necesario en cada caso. Para una mayor información sobre la construcción de wrappers consultar [6, 10].

⁵ La integración de la nueva información se realiza en el proxy para permitir la comunicación con el usuario en caso de encontrar alguna incidencia.

Análisis de inconsistencias. En el tratamiento de inconsistencias se sigue un algoritmo incremental donde cada referencia nueva se compara con las anteriormente obtenidas e integradas. Este análisis se realiza tanto dentro de un mismo fichero Bib_TE_X como entre los distintos ficheros analizados. Lo primero que se verifica es si se trata de la misma publicación o no (se considera que dos referencias son la misma si tienen el mismo identificador Bib_TE_X). A continuación enumeramos las posibles incidencias que se pueden encontrar:

- *Con el mismo identificador.* En este caso se realizan las siguientes verificaciones de inconsistencias:
 - *Un campo aparece en una de las referencias bibliográficas y en la otra no.* La referencia almacenada en la base de datos será la que contiene a dicho campo. Se mostrará un mensaje de aviso al usuario.
 - *El mismo campo con valores distintos.* Se distinguen dos casos, aunque de cualquier forma nos quedaremos con la primera referencia encontrada:
 - * *Mismo valor sin considerar mayúsculas y minúsculas.* Se genera un aviso.
 - * *Distinto valor.* Este es el único caso en el que se genera un mensaje de error al ser una inconsistencia grave (aunque se continúa con el análisis).
- *Con distinto identificador.* Aunque dos publicaciones posean distinto identificador, podría tratarse de la misma publicación, ya que los distintos usuarios de los diversos depósitos de datos podrían haber asignado identificadores diferentes a la misma referencia. Por tanto se ha decidido que dos referencias bibliográficas podrían ser la misma si son del mismo tipo y poseen el mismo título y autores, a pesar de que el identificador sea distinto. En dicho caso se muestra un aviso.

Junto a cada uno de los mensajes de aviso o error aparecerán los registros Bib_TE_X implicados en el mensaje, la URL correspondiente al fichero que actualmente se está analizado y las URLs de los ficheros analizados anteriormente.

5.2 Comunicación con el usuario

Durante su ejecución el agente móvil informará al applet de cualquier incidencia encontrada (aunque continuará su tarea) así como de los objetivos parciales que vaya logrando. Para ello el applet ha sido diseñado como un servidor CORBA que acepta invocaciones remotas.

En el caso de no poder comunicar al applet del usuario los objetivos ya conseguidos o las incidencias encontradas, el agente continuará su ejecución hasta que llegue algún momento en que requiera el permiso del usuario para continuar. Entonces volverá a aplicar la política de reintento hasta que finalmente pueda comunicarse con el usuario.

5.3 Actualización de la BD de publicaciones

Tras integrar los datos de todas las publicaciones encontradas, el agente móvil avisará al usuario (a través del applet), le permitirá ver el fichero de log que contendrá las posibles incidencias encontradas, y le solicitará si debe actualizar la BD o no. Para evitar problemas de seguridad, el agente solicita una clave para que la BD no pueda ser actualizada por personas no autorizadas.

6 Trabajos Relacionados

En el proyecto InterBib [9]: Bibliography-Related Services se plantea la unificación dentro de un único depósito de datos de la información contenida en distintos depósitos distribuidos. En esta aproximación se almacena el resultado de la búsqueda en un formato seleccionable por el usuario. Sin embargo no se tratan problemas como inconsistencias o duplicidad de la información contenida en los distintos almacenes de datos.

En la tesis doctoral “*Agentes Móviles en bibliotecas digitales*” [11] se trata el tema de la utilización de agentes móviles para realizar búsquedas en un sistema de bibliotecas digitales teniendo en cuenta la “inteligencia” de los agentes para seleccionar las publicaciones de acuerdo a unas preferencias definidas por el usuario. Consideramos esta aproximación como complementaria a la nuestra puesto que se realiza una búsqueda con propósitos distintos a los nuestros. Aunque, a diferencia de nuestra aproximación, no considera la integración de fuentes de datos distintas.

En [13] proponen construir un conjunto de agentes móviles que colaboren en la integración del gran volumen de datos geográficos disponibles en la biblioteca digital SARA. Se trata pues de una aproximación similar a la nuestra pero aplicada a un contexto distinto.

El Cornell Digital Library Research Group: Architectures and Policies for Distributed Digital Libraries [3] trata el problema del acceso a referencias bibliográficas usando componentes software que se encuentran distribuidos en Internet, siguiendo por tanto una aproximación basada en RPC; ver la sección 3 donde ya hemos destacado las ventajas de nuestra aproximación frente a una basada en RPC.

7 Conclusiones y Trabajo Futuro

En este artículo hemos descrito un sistema basado en agentes móviles que se encarga de recopilar información bibliográfica distribuida por la red, integrándola adecuadamente y generando mensajes sobre posibles inconsistencias, para finalmente almacenar la información ya procesada en una base de datos relacional que podrá ser consultada por otras aplicaciones.

Cabe destacar que el sistema descrito no debe considerarse como la resolución de un caso particular en el que se analizan un conjunto de ficheros BibTeX, sino que se trata de la aplicación de la tecnología de agentes móviles a un sistema de

búsqueda y recuperación de información. El agente móvil desarrollado puede ser reutilizado incluso si los depósitos de datos a analizar fuesen una base de datos, un conjunto de ficheros MARC o una combinación de diversas fuentes de datos con organizaciones distintas. Solamente habría que hacer disponible al agente los wrappers necesarios para cada depósito de datos.

Destacar igualmente que el software necesario tanto en el ordenador cliente como en los servidores de información se ha minimizado, con la ventaja adicional de que cualquier actualización en la funcionalidad del sistema no afectará ni al cliente ni a los servidores, sino únicamente al agente. Igualmente, su adecuación a entornos inalámbricos es manifiesta, dada la optimización del tiempo de conexión necesario así como su robustez frente a desconexiones, lo cual permite su utilización desde dispositivos inalámbricos.

Como trabajo futuro, podemos destacar: 1) poner a disposición del agente un mayor número de wrappers para analizar otro tipo de depósitos de datos, 2) mejorar el mecanismo de detección de inconsistencias para facilitar aún más la labor del usuario; y 3) utilizar más de un agente móvil para realizar un procesamiento paralelo de las tareas.

Referencias

1. M. Hall. *Core Servlets and Java Server Pages(JSP)*. Prentice Hall PTR/Sun Microsystems Press, May 2000.
2. T. Imielinski and H.F. Korth, editors. *Mobile Computing*. Kluwer Academic Publishers, 1996.
3. C. Lagoze. The cornell digital library research group: Architectures and policies for distributed digital libraries, February 2000.
4. L. Lamport. *LaTeX.A Document Preparation System. User's guide and reference manual*. Addison-Wesley, 1994.
5. D. Lange and M. Oshima. *Programming And Deploying Java Mobile Agents with Aglets*. Addison-Wesley, 1999.
6. E. Mena and I. Illarramendi. *Ontology-Based Query Processing for Global Information Systems*. Kluwer Academic Publishers, 2001. June 2001.
7. D. Milojevic, M. Breugst, I. Busse, J. Campbell, S. Covaci, B. Friedman, K. Kosaka, D. Lange, K. Ono, M. Oshima, C. Tham, S. Virdhagriswaran, and J. White. MASIF, the OMG mobile agent system interoperability facility. In *Proceedings of Mobile Agents '98*, September 1998.
8. ObjectSpace, 1999. <http://www.objectspace.com/>.
9. Andreas Paepcke. Interbib: Bibliography-related services. <http://www-interbib.stanford.edu/testbed/interbib/>.
10. Y. Papakonstantinou, A. Gupta, H. Garcia-Molina, and J. Ullman. A query translation scheme for rapid implementation of wrappers. In *Proceedings of the International Conference on Deductive and Object-Oriented Databases*, 1995.
11. L. C. Pérez. *Agentes Móviles en Bibliotecas Digitales*. PhD thesis, Universidad de las Américas-Puebla, Cholula, Pue. 72820 México, 1998.
12. E. Pitoura and G. Samaras. *Data Management for Mobile Computing*. Kluwer Academic Publishers, 1998.
13. Y. Yang, P. F. Rana, and c. Georgousopoulos. Mobile agents and the sara digital library. *Proceedings of IEEE Advances in Digital Libraries 2000*, pages 71–77, May 2000.