

# Tecnología de Agentes en los Sistemas de Telefonía Móvil

M<sup>a</sup> Celeste Campo Vázquez, Carlos García Rubio, Andrés Marín López, Carlos Delgado Kloos  
Departamento de Ingeniería Telemática. Universidad Carlos III de Madrid.  
Avda. de la Universidad 30, 28911 Leganés (Madrid)  
E-mail: celeste@it.uc3m.es, cgr@it.uc3m.es, amarin@it.uc3m.es, cdk@it.uc3m.es

**Abstract.** *This paper studies the application of agents technology to mobile telephone networks, specially to future 3rd generation systems. We propose mobile agents to be used to compile information in the mobile terminal and build a profile associated to the user. This profile will be used both for more efficient network management (reducing signaling traffic due to mobility and detecting areas without coverage) and for providing services personalized to the characteristics of the terminal, the user and his exact localization. In order to overcome the limitations that terminal heterogeneity imposes, we propose the agent infrastructure to run in the SIM module of mobile terminals. ETSI has specified the use of Java Cards as SIM modules for UMTS systems, the so called USIM (UMTS-SIM). Java Cards execute Java code (a reduced version), so we can use them to build SIM-based terminal-independent applications.*

## 1 Introducción<sup>1</sup>

Debido al gran impacto que han tenido las redes de telefonía móvil de segunda generación, como GSM, varios organismos en los últimos años están estandarizando redes móviles de tercera generación. A nivel mundial el ITU está especificando las características comunes que tendrán estas redes para garantizar su interoperabilidad, es lo que se denomina sistema IMT-2000. El UMTS es uno de estos sistemas, y será el sucesor del sistema GSM.

Una de las principales ventajas que presentó GSM respecto a otros sistemas de telefonía móvil de segunda generación, fue la introducción del SIM (Subscriber Identification Module), que permite la independencia del terminal que emplea el usuario para acceder a los servicios que tiene contratados. Los SIM son tarjetas inteligentes que almacenan información de suscripción de un usuario y son las que permiten implantar mecanismos de seguridad en la parte radio de la red, almacenando el PIN, las claves de autenticación del usuario y realizando cálculos criptográficos.

Las tarjetas inteligentes se denominan así porque incorporan un circuito integrado con elementos usados para la transmisión, almacenamiento y manipulación de datos. En principio, las tarjetas inteligentes tenían sistemas operativos propietarios y su utilización se basaba fundamentalmente en el almacenamiento seguro de información y cálculo de algoritmos criptográficos. La evolución y aumento de capacidad de almacenamiento y proceso en los chips insertados en estas tarjetas, propició el

desarrollo de tarjetas Java Card [1] que permiten la ejecución de código Java (en una versión reducida) en la propia tarjeta, pudiendo así construir aplicaciones que se ejecutan en cualquier tarjeta Java Card independientemente del tipo de sistema operativo. El ETSI ha especificado un API para la utilización de tarjetas de este tipo como módulo SIM para los sistemas UMTS, lo que ya se denomina USIM (UMTS-SIM).

Por otra parte, durante los últimos años la tecnología de agentes ha tenido un gran desarrollo. El concepto de agente ha sido muy discutido y aunque existen varias definiciones, la más aceptada es la que define a los agentes por sus características: movilidad, autonomía, inteligencia, comunicación, cooperación y coordinación. Un agente es aquel que posee una o varias de estas características. En general, ha habido dos tendencias en el desarrollo de tecnología de agentes: los agentes móviles y los agentes inteligentes. Los agentes móviles son aquellos que pueden moverse de un equipo a otro, dentro de entornos heterogéneos, para realizar las tareas que tienen asignadas. Los agentes inteligentes son entidades que son capaces de realizar tareas basándose en su conocimiento adquirido, y en su capacidad de comunicación y negociación con otros agentes. El lenguaje Java ha sido el que más éxito ha tenido para la implementación de infraestructuras de agentes.

Para entender los beneficios de usar agentes debemos considerar el especial impacto que ha tenido en los últimos años su aplicación en la computación distribuida. El modelo más ampliamente extendido es el modelo cliente / servidor, en el que un cliente que se ejecuta en un entorno envía un conjunto de datos a un servidor, y espera que éste le envíe los datos de respuesta de la operación realizada, antes de enviar nuevos datos.

---

<sup>1</sup> Este trabajo ha sido desarrollado dentro del proyecto E-TICKET CYCYT N°2FD1997-1269-C02-01(TEL)

Cada mensaje intercambiado en la red implica una petición de un servicio y una respuesta a esa petición. La comunicación establecida precisa de un conexión permanente. Esto provoca el consumo de un gran número de recursos.

La introducción de tecnología de agentes permite realizar las mismas operaciones pero con la ventaja de que sean asíncronas y que además no precisemos conexiones permanentes para la ejecución de tareas, puesto que el agente que migra hacia otro sistema además de llevar los datos necesarios para realizar la operación, conserva la información de estado del proceso.

## 2 Aplicación de los agentes en telefonía móvil

Los sistemas de telefonía móvil se caracterizan por una serie de restricciones: ancho de banda limitado, alta probabilidad de error en el interfaz radio, cobertura discontinua y limitada, baja capacidad de procesamiento en los sistemas finales, interfaz de usuario limitada, etc.

La utilización de la tecnología de agentes en estos sistemas permite adaptarse a estas limitaciones para proporcionar mejores servicios a los usuarios finales y mejorar las prestaciones de la red, porque:

- Los agentes que proporcionan un servicio pueden enviarse dinámicamente y bajo demanda a los propios usuarios.
- Los agentes permiten realizar distribución de tareas para realizar actividades de gestión, siendo los propios agentes quienes recopilen datos y los procesen localmente en la parte del terminal móvil.
- La autonomía de los agentes permite que se realicen tareas de forma asíncrona.
- Los agentes pueden realizar gran parte del procesamiento de forma local, por lo que se conseguirá una reducción importante del tráfico en la red.
- Los agentes permiten una mayor independencia de la disponibilidad de la red, ya que su capacidad de movilidad les permite migrar a otros nodos de la red.

La implementación de una infraestructura de agentes en una red de telefonía móvil presenta una complejidad importante debido a las limitaciones que imponen los terminales, que poseen una capacidad de procesamiento y almacenamiento reducida. Las aplicaciones de agentes que vamos a proponer implican que en nuestro terminal móvil tengamos una plataforma capaz de ejecutar y lanzar agentes hacia otros elementos de red, que pueden ser otros terminales móviles o elementos de la red fija. Además debido a las limitaciones de almacenamiento será necesario que algunos agentes

residan un tiempo limitado en el terminal, por lo tanto será clave el control y gestión del número y tipo de agentes que residen en los móviles.

Existen estudios realizados sobre la posibilidad de utilizar los estándares existentes de plataformas de agentes móviles en el contexto de sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación. En concreto, en [2] se analiza la utilización del estándar MASIF (Mobile Agent System Interoperability Facility) del OMG (Object Management Group) para construir una plataforma de agentes orientados a la provisión de servicios personalizados. Ver también [3] y [4].

En este artículo proponemos realizar una plataforma básica de agentes en el lado del terminal móvil que va a residir en el terminal (J2ME, Java 2 Micro Edition) y la tarjeta inteligente USIM (Java Card). Si consideramos que el lenguaje Java ha sido el que más éxito ha tenido para la implementación de infraestructuras de agentes, vemos que la posibilidad de implantar una infraestructura de agentes incluyendo los terminales móviles es cada vez más cercana y abordable. El paso a dar es adaptar a las limitaciones de procesamiento de las tarjetas y a las del lenguaje Java Card, las plataformas de agentes ya existentes.

Proponemos dos líneas de aplicación de la tecnología de agentes en sistemas de telefonía móvil de tercera generación.

- Por una parte, su aplicación en tareas de gestión de red, siguiendo una tendencia ya explorada en redes fijas [5], pero que tiene mayor interés en redes móviles debido a que las propias características de los agentes móviles se adaptan a las limitaciones de los sistemas inalámbricos.
- Por otra, su aplicación en la realización del VHE (Virtual Home Environment), que permitirá la personalización y portabilidad de los servicios de los usuarios independientemente de la red que le da servicio y del terminal que empleen en el acceso. Asociamos la implementación del VHE con un agente móvil, que permitirá configurar el servicio para adaptarse a las preferencias del usuario y a las características del terminal, y además será el encargado de crear el propio perfil de usuario analizando su comportamiento y su posición.

## 3 Agentes para la gestión de la red

Analizaremos en esta sección dos de los problemas más importantes en la gestión de una red inalámbrica, y cómo la utilización de tecnología de agentes permite implantar de manera eficiente las soluciones propuestas.

### 3.1 Gestión de la movilidad

La aplicación de los agentes móviles en la gestión de la movilidad de los terminales nos permitirá reducir el tráfico de señalización que se genera con los esquemas actuales. En la primera parte de este apartado se explicarán cuales son los mecanismos que están siendo empleados y que, en principio, se mantendrán en las redes de tercera generación y en la segunda se explicarán algunos de los nuevos esquemas propuestos.

#### 3.1.1 Esquemas actuales de gestión de la movilidad

Una de las principales dificultades introducidas por las redes móviles, comparado con las redes de telefonía tradicionales, es el hecho de que las estaciones móviles no tienen una conexión permanente con la red. Por esta razón la red en todo momento debe saber la posición del usuario móvil. Para ello, el esquema que se ha seguido en los sistemas de telefonía móvil celular es definir áreas de localización LA (Location Area).

Un área de localización es una zona geográfica cubierta por un conjunto de estaciones base pertenecientes a un mismo grupo, típicamente dependientes del mismo MSC (Mobile Switching Center), conforme se muestra en la figura 1.

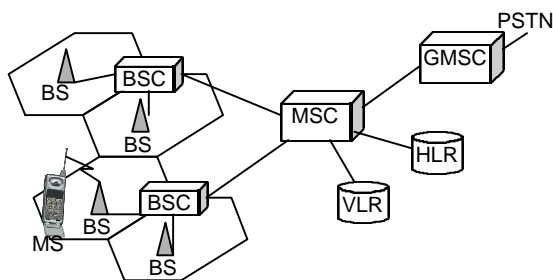


Figura 1: Arquitectura de redes celulares

Existen en la actualidad dos normas para la gestión de la movilidad, la GSM-MAP (Global System for Mobile Communications-Mobile Application Part), para redes GSM y la IS-41 en redes AMPS (Advanced Mobile Phone System). Ambas normas son muy similares, aunque en este documento consideraremos el esquema seguido en GSM. Ver para una descripción mas detallada [6]. La gestión de la movilidad se divide en dos procesos, por una parte gestionar la información de localización y por otra, localizar al móvil en el momento en que se produce una llamada entrante.

#### Gestión de la información de localización

En todo momento la red tiene que saber en que LA se encuentra un terminal móvil. Esta información de localización se almacena en dos tipos de bases de datos, VLR (Visitor Location Register) y HLR (Home Location Register).

- VLR es donde se almacenan todos los datos significativos del usuario móvil para proporcionar el servicio mientras se encuentre en su área de control. Entre la información almacenada se mantiene una entrada para cada terminal que gestiona, con el identificador de LA en el que se encuentra. Típicamente cada MSC tiene asociado un VLR.
- HLR es donde se almacenan permanentemente todos los parámetros de suscripción del usuario móvil. Como parámetro relativo a la localización, se almacena el VLR del que depende el MS (Mobile Subscriber) en un determinado momento.

Como el usuario se está moviendo en la zona de cobertura de la red, es necesario que los registros almacenados en estas bases de datos se actualicen periódicamente, esto se realiza a través de un proceso denominado registro de localización. Como el identificador de un LA es enviado periódicamente por un canal común de *broadcast*, a todos los MS que se encuentran en cada una de las estaciones base pertenecientes al LA, el móvil conoce en todo momento el LA en el que se encuentra, realizando el registro de localización:

- Cada vez que se conecta a la red, es decir, en el momento en el que el terminal móvil se enciende.
- Cada vez que finaliza un temporizador asociado al proceso de localización, que obliga al móvil a realizar un nuevo registro aunque se encuentre en el mismo LA.
- Cada vez que cambia de LA, que lo detecta comparando el identificador de LA que tiene almacenado en el SIM con el que está recibiendo. Se distinguen tres tipos diferentes de registro de localización dependiendo de la relación existente entre el anterior y el nuevo LA: si el nuevo LA está asociada al mismo VLR, si el nuevo LA está asociada a un nuevo VLR en el mismo MSC, o si el nuevo LA está asociada a un nuevo VLR en distinto MSC.

El proceso que es necesario llevar a cabo para el registro se detalla en los pasos siguientes:

- El MS inicializa el proceso de registro transmitiendo a su estación base el identificador del área de localización que está recibiendo.
- La BS envía este mensaje al MSC del que depende, que realiza la consulta necesaria en el VLR asociada.
- El VLR actualiza el registro de localización de MS. Si el nuevo LA pertenece a un VLR diferente, el nuevo VLR determina la dirección del HLR del terminal móvil, a través del número de identificación del MS, y envía un mensaje de actualización de la localización al

HLR. En otro caso, el registro de localización finaliza.

- El HLR realiza un proceso de autenticación con el terminal móvil, si es correcta, almacena el identificador del nuevo VLR en el registro correspondiente y envía un mensaje de confirmación al nuevo VLR.
- EL HLR envía un mensaje al VLR anterior del que dependía el MS, para que anule el registro asociado al MS.
- El anterior VLR elimina este registro de su base de datos y envía la confirmación correspondiente al HLR.

Todos estos mensajes son de señalización, con el correspondiente aumento del tráfico en la red. En la tabla siguiente se indica el número de mensajes transmitidos en los diferentes casos:

Tipo de registro	Nº mensajes	Bytes
En el mismo VLR	5	122
En el mismo MSC	21	1131
Entre diferentes MSC	36	1309

Si las LA son pequeñas, como ocurre en zonas urbanas, y como ocurrirá en los sistemas de telefonía de tercera generación de forma más generalizada, el promedio de registros de localización aumenta considerablemente, provocando que la cantidad de tráfico de señalización generado aumente tanto que supere al propio tráfico de llamadas, por lo tanto se precisan nuevos esquemas para mejorar este modelo.

#### Localización del terminal móvil

Cuando se produce una llamada entrante para un determinado MS, la red tiene que localizar ese terminal dentro de su zona de cobertura para poder establecer la llamada. El proceso puede dividirse en dos partes:

- Determinar el VLR al que está asociado el MS en ese momento, para ello se hace una consulta en el registro correspondiente en el HLR del que depende el subscriber del MS.
- Localizar la celda en la que se encuentra el MS. El VLR envía un mensaje al MSC que gestiona el LA en el que está registrado el MS. A continuación, el MSC realiza una búsqueda (*paging*) en todas las celdas que pertenecen al LA, enviando un mensaje de *broadcast* con un identificador del móvil al que se debe entregar la llamada. Finalmente los MS analizan este mensaje y responde el MS buscado, en ese momento ya se puede establecer el canal necesario para cursar la llamada.

Si las LA son grandes, se produce un aumento considerable del ancho de banda radio consumido en los procesos de búsqueda para cada llamada entrante de un MS. En las nuevas redes de telefonía móvil, con el aumento del número de usuarios y sus requisitos de ancho de banda, será más complejo soportar estos esquemas de búsqueda de terminales móviles. Además, en este caso, el tiempo de búsqueda podría superar el retardo máximo de localización de un terminal, para cursar la llamada.

#### 3.1.2 Nuevos esquemas con tecnología de agentes

Como acabamos de ver, por una parte tener LA pequeñas aumenta el tráfico de señalización, debido a que los registros de localización de los móviles son mucho más frecuentes, pero aumentar el tamaño de las LA provoca un coste en el ancho de banda radio que se consume cuando es necesario realizar proceso de búsqueda de móviles y un aumento en el retardo de entrega de llamada. Entonces, el principal problema de la gestión de la movilidad es minimizar los costes de registro de localización y de *paging* simultáneamente.

En los sistemas móviles de tercera generación deberían aplicarse nuevos esquemas para gestionar la movilidad siguiendo tres objetivos:

- Reducir el número de actualizaciones de localización realizados por los MS.
- Reducir la zona de búsqueda de un terminal cuando se produce una llamada entrante de forma que se cumplan las restricciones temporales impuestas.
- Distribuir de manera más eficiente el almacenamiento de la información de la localización en la red.

En este artículo nos centraremos en describir algunos de los esquemas que se pueden aplicar para conseguir los dos primeros objetivos y comentaremos cómo en algunos casos se pueden implementar de manera eficiente empleando la tecnología de agentes. El tercero de ellos también ha sido analizado ampliamente [6] y las soluciones aportadas se basan en tener jerarquías de bases de datos de mayor nivel y emplear técnicas de replicación de las bases de datos del sistema en diversos puntos de la red.

#### Gestión de la información de localización

Con el objetivo de reducir el número de actualizaciones de localización que debe realizar un MS en una red móvil, se han propuesto diversos algoritmos, que pueden agruparse en dos tipos: estáticos y dinámicos. Los algoritmos estáticos se basan en la topología de la red y los algoritmos dinámicos se basan en la construcción de perfiles de movilidad y patrones de llamadas de los usuarios móviles.

En los algoritmos dinámicos es importante la captura de información en el lado del terminal móvil para poder construir el perfil del usuario al que se adaptarán los diferentes esquemas. Es en este tipo de algoritmos, en los que la introducción de agentes móviles cobra especial importancia, siendo los encargados de capturar la información del lado del usuario y gestionar su perfil, y de poder dotar de cierta inteligencia al terminal, para que el mismo decida el algoritmo de gestión de movilidad que mejor se adapte a su situación actual.

A continuación se describen brevemente algunos de los algoritmos propuestos, para una explicación más detallada se referencia a [6] y [7].

- Registro de localización selectivo. Se basan en el hecho de que un usuario móvil aunque puede atravesar un elevado número de LA, un ejemplo típico es cuando los usuarios van de su casa al trabajo y viceversa, en la mayoría de LA permanece un breve periodo de tiempo. Por lo tanto, no será necesario que actualice su localización cada vez que atraviesa un nuevo LA, sino sólo cuando existe una alta probabilidad de encontrarse en un LA.
- Basados en perfiles de usuarios. Se basan en la posibilidad de predecir el comportamiento de los usuarios, obteniendo patrones de movilidad. La red mantiene un perfil de movilidad para cada usuario, que incluye una lista secuencial de LA en las que con mayor probabilidad se encuentra el usuario en diferentes periodos de tiempo. Cuando es necesario localizar a un usuario, primero se busca en las LA que están almacenadas en el perfil, realizando *paging* sucesivamente en cada una de ellas. Además cuando el MS se mueve entre las LA almacenadas en su perfil, no realiza actualizaciones de su localización, sólo se realizarán cuando el móvil pase a un nuevo LA no contenido en su perfil.
- Basados en movimiento. Cada MS cuenta el número de saltos realizados entre celdas en su movimiento. El registro de localización se realiza cuando el número de saltos pasa un cierto umbral. Este umbral puede ser adaptado a las características del usuario. Para su implementación, el MS sólo necesita un contador para almacenar el número de saltos entre celdas y el valor del umbral.
- Basados en tiempo. El terminal móvil actualiza su localización cada  $T$  unidades de tiempo. En este algoritmo no es necesario que el MS almacene o procese información durante el tiempo entre actualizaciones, porque simplemente para su implementación sólo es necesario tener en el terminal móvil un temporizador. Una variación de este esquema consiste en tener un umbral de tiempo no constante, que se modifica según la carga de tráfico de señalización en la red.
- Basados en distancia. Cada MS calcula la distancia recorrida en su movimiento, en número de celdas, desde la última vez que actualizó su localización y realiza una nueva actualización cuando la distancia excede un cierto umbral. Para su implementación es necesario que el MS tenga conocimiento de la topología de la red en la que se encuentra, para poder identificar si ha superado o no el umbral de distancia impuesto en el algoritmo, así cada vez que realiza una actualización de la localización, se descarga un conjunto de identificadores de celdas, próximas a su ubicación actual.
- Basados en predicciones de distancia. El MS durante el proceso de registro de localización envía a la red tanto su ubicación como su velocidad. Basándose en esta información, la red determina la función de densidad de probabilidad de localización del móvil, que empleará para determinar la localización del móvil en el futuro. Esta información estará disponible tanto en el terminal móvil como en la red. El MS chequea periódicamente su posición y realiza una actualización de su localización si su distancia excede la distancia predicha por el modelo. Si una llamada entrante llega, se realiza *paging* en la distancia predicha por el algoritmo, y si no se localiza se sigue un criterio de mínima distancia, hasta que se encuentre al MS.
- Basados en estados. El MS decide si realiza un registro de localización dependiendo del estado en el que se encuentra. La información de estado puede incluir el tiempo transcurrido o el número de celdas atravesadas desde la última actualización, la distancia entre la celda actual y la celda en la que se encontraba en la última actualización, o algún otro criterio. Entonces, mantiene diferente información de estado de distintos algoritmos de registro de localización.
- Actualización de LeZi. Este esquema está basado en un algoritmo de compresión propuesto por Lempel y Ziv. Este algoritmo puede ser considerado como un algoritmo basado en caminos en los que un histórico del movimiento realizado se envía a la red cada vez que se realiza un registro de localización. El histórico del movimiento consiste en una lista de identificadores de zonas (LA o celdas) que el MS atraviesa desde la última actualización de su localización. La red mantiene este histórico de forma comprimida como un árbol de búsqueda. Este histórico de movimiento se puede ver como una parte del perfil del usuario. Cuando existe una llamada entrante la red realiza *paging* del móvil basándose en las localizaciones proporcionadas por el árbol.

### Localización del terminal móvil

El proceso de *paging* consiste en que la red debe determinar la localización exacta, celda en la que se encuentra, de un MS concreto. La búsqueda se puede dividir en varias iteraciones, en cada una de ellas se envían señales de búsqueda sobre un canal de control en el enlace descendente, a un conjunto de celdas donde se cree que se encuentra el terminal móvil. Todos los terminales móviles escuchan este mensaje, y sólo el que es buscado responde enviando un mensaje por el canal de control ascendente. En cada ciclo existe un periodo de *timeout*, si pasado este tiempo no existe una respuesta de ningún terminal móvil, entonces se realiza su búsqueda en otro conjunto de celdas.

El terminal móvil debe ser encontrado en un periodo de tiempo razonable, porque si no el que realiza la llamada puede desistir del intento. El máximo retardo de *paging* corresponde al máximo número de iteraciones de búsqueda que se realizarán para localizar a un MS.

El envío de estos mensajes consume ancho de banda en el canal radio, este coste es proporcional al número de iteraciones que se realizan, así como al número de celdas implicadas en cada iteración. El área en la que se realiza la búsqueda depende de la información proporcionada por el registro de localización. El coste de *paging* puede ser reducido prediciendo la localización actual del MS. En esta sección indicamos las diferentes estrategias propuestas.

- Criterio de la mínima distancia. La red comienza la búsqueda del terminal móvil empezando por la última celda en la que realizó la actualización de su localización, y sigue buscando en las celdas contiguas siguiendo un orden de mínima distancia. La distancia es medida en términos del número de celdas atravesadas. Si el esquema de actualización de registro utilizado, se basa en un umbral (de movimiento o de distancia), el área de búsqueda del móvil está limitada y podrá ser localizado en un número fijo de iteraciones. En cada iteración se realiza una búsqueda en las celdas que se encuentran a la misma distancia del punto de partida.
- Búsqueda secuencial basada en la probabilidad de localización de los usuarios. Este esquema se basa en obtener la localización actual de un MS basándose en la distribución de probabilidad de localización. Las señales de búsqueda sólo se envían en las celdas en la que se cree que el usuario puede estar presente, entonces la búsqueda se realiza en orden inverso a la probabilidad de localización del móvil. Esta estrategia presenta problemas sobre todo cuando existe una limitación en el retardo máximo de localización del móvil.

- Aumento de la velocidad de búsqueda. Se basa en reducir el coste de *paging* decrementando el tamaño de la zona en la que se realiza la búsqueda. El objetivo se consigue agrupando a los usuarios en diferentes clases de velocidades, basándose en la frecuencia de actualización de su localización. Cuando se produce una llamada entrante para un móvil el área de búsqueda es generada dinámicamente basándose en el tiempo en el que el móvil ha realizado su último registro en la red y la clase de velocidad a la que pertenece. Este esquema se puede implementar conjuntamente con otros esquemas de registro de localización.
- Búsquedas conjuntas. El modelo se basa en realizar búsquedas conjuntas de varios terminales móviles, basándose en el hecho que la búsqueda simultánea e independiente de varios MS provocaría un sobrecarga en el canal común de señalización dedicado a *paging*. Esta técnica se puede emplear conjuntamente con algunos de los algoritmos considerados anteriormente.

### **3.2 Identificación de zonas sin cobertura**

Uno de los principales problemas que plantean las redes de telefonía móvil es realizar una planificación eficiente de la parte radio, para ofrecer a los usuarios una amplia cobertura y que la itinerancia entre celdas no suponga una pérdida del servicio en curso, pero sin emplear un gran número de recursos, es decir, no sobredimensionar excesivamente la red. Este problema se verá incrementado en los nuevos sistemas de telefonía móvil, en los que el radio de cobertura que proporcionará una estación base, no dependerá solamente de la potencia de señal radiada, sino que también dependerá del número de usuarios que se encuentran en ella.

En la actualidad, la planificación de la red se realiza empleando complejas simulaciones y medidas de cobertura en diferentes puntos a través de equipos móviles (típicamente en coches con unos equipos de medidas especializados), para ir descubriendo deficiencias en la red implantada y así mejorar la cobertura proporcionada a los usuarios. El problema que presenta este método es que con estos equipos no se llega a todos los puntos desde los que potencialmente un usuario móvil puede acceder a la red, lo cual provoca que el operador no tiene un conocimiento directo de posibles zonas sin cobertura.

Una de las soluciones propuestas, es implicar a los propios terminales móviles en la realización de estas medidas, aprovechando la capacidad de procesamiento que poseen. Así pueden utilizarse agentes móviles en la parte del terminal que realicen recolección y procesamiento de medidas y después envíen a la parte fija de la red el informe

correspondiente para que sea analizado en conjunto con el proporcionado por otros móviles. Analizamos esta propuesta a continuación.

Como parte del funcionamiento actual de una red móvil celular, cada cierto tiempo la red realiza una petición a los terminales móviles para saber el nivel de señal que reciben de las diferentes estaciones base que lo rodean y que, potencialmente, pueden darle servicio. Las medidas realizadas son enviadas a la red y en base a ellas se selecciona la estación base que dará un canal de comunicación al terminal móvil cuando se curse una llamada. Si el MS se encuentra en una zona sin cobertura no existirá una respuesta por parte del MS hacia la red. Si la red lleva un histórico de las peticiones de medidas realizadas y el MS junto con el nivel de señal, proporciona el identificador de la celda a la que se refiere la medida. Un análisis en la red, contrastando las medidas proporcionadas por varios MS, nos permitiría detectar zonas en las que no existe cobertura y poder mejorar la planificación de la red.

En nuestra propuesta, los agentes móviles serían los encargados de recopilar la información en la parte del MS, lo que permitiría que almacenasen esta información y la analizaran antes de mandarla a la red y de esa manera aprovechar de manera más eficiente el ancho de banda en la parte radio. También se podría utilizar agentes móviles que residieran en la parte fija, en concreto en el controlador de la estación base y que migraran de controlador cuando el móvil pasase a estar controlado por otro nuevo.

Si en las nuevas redes se soporta el nuevo protocolo de acceso radio incluido en el estándar, denominado ODMA (Opportunity Driven Multiple Access) que permite utilizar a los terminales móviles como repetidores de señal, para otros MS a los que no les da cobertura directa ninguna estación base, los agentes, residentes en los MS, podrán emplear su característica de movilidad para realizar saltos a otros MS, de manera que puedan determinar su localización actual y así precisar de manera más adecuada las zonas sin cobertura.

## **4 Agentes para personalización de servicios**

Otro de los campos de aplicación de la tecnología de agentes en redes de telefonía móvil, es facilitar la provisión de servicios a los usuarios de manera que puedan suscribirse de forma sencilla a ellos, adaptarlos a sus propias características y acceder a ellos desde cualquier localización, red que le da acceso al servicio y características del terminal que utilizan. En redes UMTS esta característica de portabilidad e itinerancia de servicios es lo que se denomina VHE, idea que se ha integrado de forma global en todos los sistemas IMT-2000.

Asociar la implementación de VHE como agentes móviles es una idea aceptada en la literatura [2], ya que así por una parte, se dota de cierta inteligencia al terminal móvil para construir el perfil de usuario adaptándose no sólo a las preferencias establecidas directamente por el propio usuario, sino también a las definidas en su interacción con la red y a su localización. La capacidad de movilidad permite que los proveedores de servicio configuren agentes especializados en un servicio determinado y adaptados al perfil del usuario, que migran al MS adaptándose al tipo de terminal y a las características de la red a través de las que se accede al servicio de manera transparente al propio usuario. Como se deduce, la capacidad de comunicación entre estos agentes será fundamental para transmitir la información del perfil de los usuarios y las características de la red y el terminal.

### **4.1 Servicios basados en posicionamiento**

Uno de los servicios que se espera que tengan mayor impacto en los sistemas de tercera generación son los que estén basados en el posicionamiento de los usuarios. En la actualidad, el grupo 3GPP del ETSI, que está llevando a cabo la estandarización de UMTS, está estandarizando un conjunto de técnicas que permitan obtener el posicionamiento de los usuarios móviles, basadas fundamentalmente en las características de las redes celulares, aunque ya existen soluciones propietarias, además de las soluciones basadas en el sistema GPS (Global Positioning System). Algunos de estos servicios serán:

- Información de lugares próximos a la localización actual: farmacias, cines, tiendas,...
- Actualización de servicios dependiendo de la localización de manera transparente al usuario, importante cuando se produce itinerancia entre redes de diferentes características.
- Localización de personas en situaciones críticas de emergencia.
- Oferta de servicios automática dependiendo del lugar donde se encuentra el usuario.
- Facturación adaptada a la localización del usuario fuente y destino de la comunicación.

En la especificación ETSI 3G TS 25.305 V3.2.0 se proponen siete familias de técnicas de localización del móvil. Estas técnicas necesitan en muchos casos realizar ciertas medidas en el propio terminal móvil, incluso en algunas de ellas la medición se hace completamente en el terminal. Se supone que dependiendo de la operadora, entorno geográfico, precisión deseada y tipo de servicio, se usará un sistema de localización u otro.

Por lo tanto es lógico pensar que la utilización de la tecnología de agentes que se ejecutan en el terminal y que se descargan dinámicamente según las

necesidades permitirá, por las características del entorno de ejecución (parte radio de la red), implementar de manera eficiente estas técnicas de localización.

## 4.2 Servicios personalizados

En general el uso de agentes puede permitir personalizar servicios al perfil y comportamiento del usuario, así como a las características gráficas y de velocidad del terminal. Son los servicios que en el informe técnico número 11 del UMTS Forum se denominan “*Infotainment and Edutainment*” [8].

## 5 Conclusiones

En este artículo se ha visto cómo la tecnología de agentes móviles se adapta a la características de los sistemas inalámbricos en los que el ancho de banda en la parte radio es limitado y por lo tanto, se precisan comunicaciones asíncronas y cierta autonomía en las aplicaciones para reducir el número de conexiones con la red, disminuyendo de esta forma el tráfico generado.

Se ha propuesto la tecnología de agentes para su utilización en tareas de gestión de red y se han identificado dos aplicaciones que se consideran que también será interesante introducir en las redes de telefonía de tercera generación, que son la gestión de la movilidad y la detección de zonas sin cobertura. La tarea de los agentes en estos casos es recolectar y procesar parcialmente datos en la parte del terminal móvil para que después se reporten a la red, que los analizará de forma global para adaptar los diferentes algoritmos de gestión de movilidad y mejorar la planificación de la red, respectivamente.

También se ha propuesto la aplicación de la tecnología de agentes para facilitar la provisión de servicios a los usuarios de manera que puedan suscribirse de forma sencilla a ellos, adaptarlos a sus propias características y acceder a ellos independientemente de la posición, red de acceso o características del terminal. Este concepto se ha denominado VHE, y su implementación la asociamos a un agente que tendrá que construir el perfil de usuario adaptándose no sólo a las preferencias establecidas directamente por el propio usuario, sino también a las definidas en su interacción con la red, comportamiento y posición.

Con el desarrollo de plataformas Java en tarjetas inteligentes, las denominadas Java Card, se abre la posibilidad de desarrollar plataformas de agentes en la parte de los terminales móviles. Vemos posible incluso hacerlo a partir de plataformas Java ya existentes, adaptándolas a los requisitos que imponen las limitaciones de procesado y almacenamiento de las tarjetas, que por otra parte, cada vez son menos restrictivas, gracias a los avances en la microelectrónica.

Uno de los problemas abiertos en las tarjetas inteligentes multiaplicación son los mecanismos de descarga de aplicaciones, en la actualidad el estándar proporcionado por VISA es el que más apoyo está teniendo, y el ETSI hace referencia a él en sus especificaciones. Los agentes son aplicaciones que se descargarán en la tarjeta y por lo tanto, la movilidad de los agentes hacia los terminales móviles estará condicionada a las normas que se estandaricen en este campo.

Existen además otro conjunto de problemas abiertos para la implantación de esta tecnología. Por una parte el tema de la seguridad, que es un tema crítico en todas las implementaciones de sistemas de agentes móviles y más aún en el caso de sistemas de telefonía móvil, en los que se debe garantizar itinerancias de servicios y por lo tanto de agentes, a través de diferentes redes de diferentes operadores. El tema es crucial y para su implementación se deberían establecer políticas de seguridad entre organismos de diferentes países.

## Referencias

- [1] Java Card Technology, <http://java.sun.com/products/javacard/>
- [2] L.Hagen, M.Breugs, T.Magedanz. “Impacts of Mobile Agent Technology on Mobile Communication System Evolution”. IEEE Personal Communications, Aug 1998.
- [3] I.Brusic, V.Hassler, W.Lugmayr “Deployment of Mobile Agents in the Mobile Telephone Network Management”. Institute of Communication Networks of Technical University of Vienna.
- [4] J.Hartmann, W.Song. “Agent Technology for future mobile networks”. ACTS CAMALEON project (ACTS 341).
- [5] Y.I. Wijata, D.Niehaus, V.S.Frost, “A Scalable Agent-Based Network Measurement Infrastructure”. IEEE Communications Magazine, Sep 2000.
- [6] I.F.Akyldiz, J.Mcnair, J.Ho, H.Uzunalioglu, W.Wang. “Mobility Management in Next-Generation Wireless System”. Proceedings of the IEEE, Aug 1999.
- [7] V.Wong, V.C.Leung. “Location Management for Next-Generation Personal Communication Networks”. IEEE Network, Sep/Oct 2000.
- [8] Enabling UMTS Third Generation Services and Applications, UMTS Forum, 2000 Report 11, October 2000.
- [9] J.F.Huber, D.Weiler, H.Brand. “UMTS, the Mobile Multimedia Vision for IMT-2000: A Focus on Standardization”. IEEE Communications Magazine, Sep 2000.