



Pablo García Escalle.

Ingeniero de Telecomunicación por la E.T.S.I.T. de Valencia en 1997, y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Valencia en 2001. Actualmente es miembro del Departamento de Comunicaciones, pertenece al Área de Ingeniería Telemática, y está adscrito a la E.T.S.I.T. de Valencia donde imparte docencia. Inició su carrera profesional a principios de 1997 en la Ciudad de las Artes y de las Ciencias desarrollando labores de despliegue, operación y mantenimiento de la red de voz y datos. A finales del mismo año, ingresa como Profesor Asociado en la Universidad Politécnica de Valencia. Desde entonces ha participado en distintos proyectos de investigación sobre sistemas de comunicaciones móviles, y se ha especializado en la gestión de localización en dichos sistemas.

Muchas gracias por su atención.

Pablo.

Modelado y evaluación de estrategias de seguimiento de terminales móviles. Análisis de la carga de señalización en la Red de Acceso y en la Red Inteligente.

Esta tesis estudia técnicas de gestión de localización en sistemas de comunicaciones móviles. El objetivo es disminuir la carga de señalización asociada a dicha gestión sin mermar las prestaciones de la misma. A continuación se expone brevemente los principios de la gestión de localización en sistemas de comunicaciones móviles, para posteriormente poner de manifiesto la importancia de las propuestas y los consecuentes resultados hallados, relacionándolos con las publicaciones realizadas.

1. Gestión de localización en sistemas de comunicaciones móviles

En los sistemas comunicaciones móviles, las llamadas entrantes a cada *terminal móvil* deben entregarse con el menor retardo posible, y a la vez con el menor coste de señalización. Puesto que los terminales son móviles, es necesario realizar un seguimiento de los mismos para poder encontrar la celda donde se encuentra cada *terminal móvil* llamado. En estos sistemas, para mantener localizables los *terminales móviles*, se emplea una base de datos jerárquica de dos niveles formados por el *Home Location Register –HLR–* y varios *Visitor Location Registers –VLRs–* (términos empleados en los dos principales estándares: *IS-41* y *GSM-MAP*¹). La **gestión de localización** es el conjunto de procesos empleados para mantener localizable todos los *terminales móviles* del sistema. Empleando la terminología de *GSM*, los dos principales procesos involucrados son la **Actualización de Posición** y la **Entrega de Llamada**.

La *Actualización de Posición* se puede dividir en dos pasos. El primero, también llamado **Actualización de Posición**, consiste en el envío de mensajes de *Actualización de Posición* por parte del *terminal móvil*. En este caso, la señalización asociada utiliza por lo tanto recursos de la interfaz radio, es decir, de la red de acceso. La red fija proporciona el soporte necesario para la señalización asociada al segundo paso; el **Registro de Posición** está constituido por el conjunto de procesos encargados de actualizar la base de datos del sistema con arreglo a los mensajes de *Actualización de Posición* enviados por los *terminales móviles*. El *Registro de Posición* se traduce en escrituras y lecturas en el *HLR* y los *VLRs*.

La *Entrega de Llamada* se lleva a cabo en dos pasos también. En primer lugar, durante la fase de **Interrogación** el sistema busca al *terminal móvil* en su base de datos, y como resultado obtiene el área (un conjunto de celdas) donde el *terminal móvil* llamado se encuentra registrado. La señalización asociada a este proceso utiliza por tanto recursos de red fija exclusivamente. Tras una *Interrogación* exitosa comienza la **Búsqueda**: se rastrea el área donde está el *terminal móvil*

¹ *GSM-MAP: Global System for Mobile communications- Mobile Application Part*

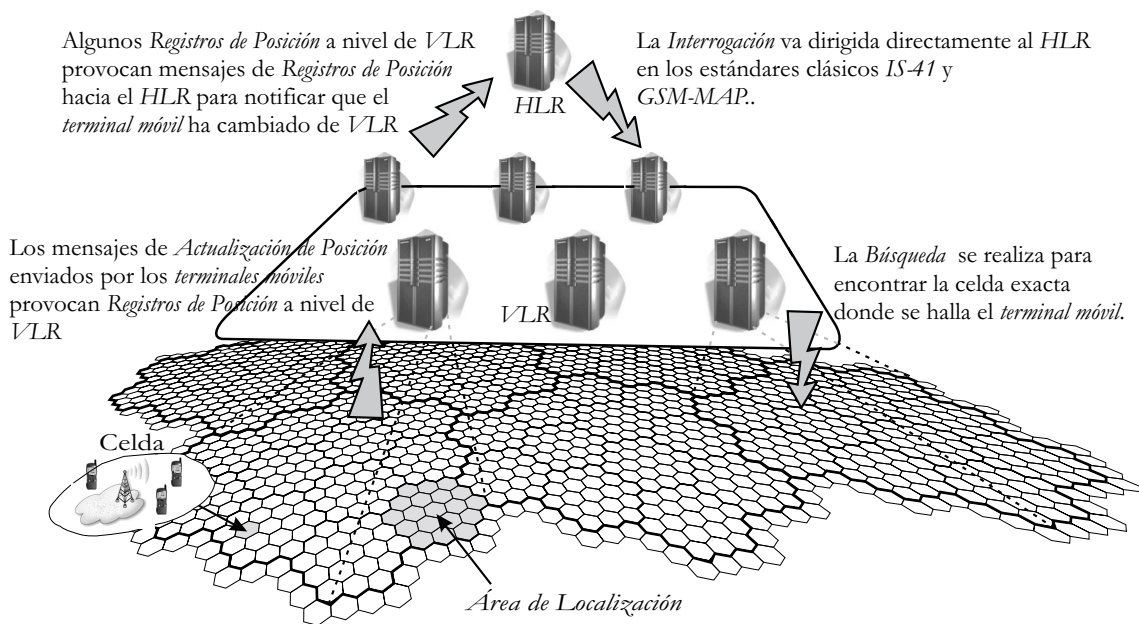


Figura 1. Sistema de comunicaciones móviles desde el punto de vista de la gestión de localización según los estándares *IS-41* y *GSM-MAP*.

llamado para averiguar la celda exacta donde se encuentra y así poder entregar la llamada. Las celdas que componen dicha área pueden ser rastreadas simultáneamente (*Búsqueda no selectiva* o *unipaso*), o por grupos de celdas y con cierto orden temporal (*Búsqueda selectiva* o *multipaso*). La señalización asociada a la *Búsqueda* son los mensajes de rastreo enviados por la interfaz radio.

Para ilustrar los procesos resumidos en los dos párrafos anteriores se proporciona la figura 1.

Antes de finalizar esta introducción es necesario precisar que se distingue principalmente dos tipos de estrategias de *Actualización de Posición*. En las *estrategias estáticas* (o globales), toda el área de cobertura del sistema está dividida en *Áreas de Localización* cuyas formas y límites son fijos (conjuntos de celdas). Cada vez que un *terminal móvil* cruza el límite entre dos *Áreas de Localización*, el *terminal móvil* emite un mensaje de *Actualización de Posición*. El vaivén de un terminal en el límite de dos *Áreas de Localización* produce un exceso de señalización conocido como efecto “ping-pong”. Este problema es aliviado con las propuestas hechas en esta tesis. Esta política de actualización de *Áreas de Localización* está a la base del estándar *GSM-MAP*. En las *estrategias dinámicas* (o locales) no existen *Áreas de Localización*. El *terminal móvil* actualiza su posición en base a una política de tiempo, movimiento o distancia. Es decir, actualiza su posición al cabo de t segundos, m cambios de celda, o cuando detecta que se encuentra a d celdas desde que actualizó su posición por última vez, respectivamente. Los límites de la nueva área donde el *terminal móvil* queda registrado dependen de la posición del propio terminal; se dice que “el área de localización es dinámica”, lo que da nombre a este tipo de estrategias.

2. Aportaciones realizadas y mejoras de la gestión de localización

En concreto, en esta tesis se realizan estudios para disminuir la carga de señalización asociada a la gestión de localización, tanto en la red de acceso (interfaz radio), como en la red fija (base de datos del sistema de comunicaciones móviles).

Se proponen dos políticas de *Actualización de Posición* en combinación con una *Búsqueda selectiva*: una *estrategia dinámica* y una *estrategia híbrida*. Esta última está basada en *Áreas de Localización*, y es comparable con los estándares *IS-41* y *GSM-MAP*. Motivado por el interés práctico que supone esta estrategia, se evalúa la carga de señalización en red fija (base de datos), y se amplía el análisis al estudio de la descentralización de la *Interrogación* (red fija), concluyéndose así una propuesta completa de gestión de localización para sistemas de comunicaciones móviles.

A continuación, se resume los resultados más importantes de los estudios que evalúan la carga de señalización en la red de acceso, y en la red fija:

1. Resultados acerca de la carga de señalización en la red de acceso.-

Inicialmente, en esta tesis se propone una gestión de localización dinámica combinada de *movimiento-distancia*, [1, página 74], y se compara con las estrategias clásicas dinámicas (tiempo, movimiento y distancia). En esta aportación, [2], se concluye que es recomendable el uso de dicha propuesta porque se ha comprobado que con un significativo ahorro de memoria en el *terminal móvil*, se puede obtener unas prestaciones muy próximas a las que ofrece la estrategia de distancia, la estrategia óptima. Como ejemplo, se demuestra que con más de un 50 % de ahorro de memoria, la carga total de señalización tan solo crece un 20 %, [1, página 83].

Las estrategias dinámicas son difíciles de implementar en la práctica, principalmente desde el punto de vista la organización en red fija de la *Búsqueda* de los *terminales móviles*. Por esta razón, posteriormente se estudia una nueva *estrategia híbrida* de *Actualización de Posición* combinada con una *Búsqueda selectiva*. Esta nueva técnica consiste en registrar cada *terminal móvil* en una agrupación de *Áreas de Localización* (y no en una única *Áreas de Localización* –como en *GSM* o en *IS-41*–), algo que por otra parte es fácil de implementar en la práctica, [1, página 38]:

- El análisis comparativo de los primeros resultados obtenidos mediante simulación, [3], concluye que el estándar clásico práctico de *GSM* (1 *Área de Localización*) tiene peor comportamiento que la estrategia que agrupa dinámicamente 3 *Áreas de Localización*, empleando una *Búsqueda selectiva* por *Áreas de Localización*.
- En posteriores estudios analíticos, [4], [5] se extiende el análisis contemplando agrupaciones de 2 *Áreas de Localización*. Los mejores resultados se obtienen de nuevo con la estrategia que agrupa dinámicamente 3 *Áreas de Localización*, empleando una búsqueda selectiva por *Áreas de Localización*. Como ejemplo, el ahorro conseguido de señalización total es de un 6 % al pasar de agrupaciones de 1 *Área de Localización* a agrupaciones de

2 *Áreas de Localización*, y de un 12% al pasar de 1 *Área de Localización* a 3 *Áreas de Localización*, [1, página 72].

- Finalmente en las simulaciones más completas realizadas en [6], y más cercanas al modelo de movilidad real, se muestra que la estrategia de 3 *Áreas de Localización* empleando una *Búsqueda selectiva* por *Áreas de Localización* es mejor en relación a las estrategias de *GSM* (1 *Área de Localización*) y de 2 *Áreas de Localización* de lo que muestran los estudios anteriores. Como ejemplo, se ahorra un 16.5% al pasar de agrupaciones de 1 *Área de Localización* a agrupaciones de 2 *Áreas de Localización*, y un 30% si se pasa de 1 *Área de Localización* a 3 *Áreas de Localización*. Además se descarta la *Búsqueda selectiva* basada en anillos de celdas porque, aunque proporciona mejores resultados, es muy compleja de implementar en la práctica, principalmente desde el punto de vista la organización en red fija de la *Búsqueda* de los *terminales móviles*.

Resumiendo, se ha demostrado que la histéresis de la estrategia de *Actualización de Posición* propuesta se aprovecha cuando se utiliza una *Búsqueda selectiva* en 2 pasos basada en *Áreas de Localización*; el coste de señalización total en la interfaz radio se reduce en comparación con el de *GSM*, y con el de 2 *Áreas de Localización*, y se obtiene el doble de mejora cuando se emplea 3 *Áreas de Localización* en lugar de 2 *Áreas de Localización*. El poco ahorro que se consigue empleando una *Búsqueda selectiva* en 2 pasos basada en anillos de celdas, y su compleja implementación práctica son las razones por la cual se descarta esta segunda política de *Búsqueda* de *terminales móviles*.

2. Resultados acerca de la carga de señalización en la red fija.-

En el último capítulo de esta tesis se estudia el impacto de la *estrategia híbrida* propuesta sobre la estructura clásica jerárquica de base de datos de 2 niveles, [1, página 99] y [7], motivado por el interés práctico de la propuesta. Los resultados obtenidos en el apartado anterior indican que la estrategia de *Actualización de Posición* provoca menor carga en la interfaz radio (y en los *VLRs*) debido al efecto de histéresis. Además, los *VLRs* absorben parte de la carga de *Registro de Posición* al dar servicio a más de un *Área de Localización*, reduciéndose el coste de *Registro de Posición* a nivel de *HLR*. En contrapartida, el coste de *Interrogación* aumenta ligeramente porque el *terminal móvil* puede estar registrado en 1, 2 ó 3 *VLRs*, [7]. Considerando configuraciones prácticas, si se realiza una *Interrogación* por pasos (primero se interroga el *VLR* donde el *terminal móvil* se encuentra más probablemente, y en segundo lugar el resto de *VLRs*, si es necesario), el coste de *Interrogación* tan sólo aumenta entre un 4% y un 13% en comparación con los estándares *GSM-MAP* e *IS-41*, dependiendo de la situación, [1, página 110] y [7]. Se puede reducir todavía más este aumento de coste descentralizando el procedimiento de *Interrogación*, [1, página 88] y [8].

En consecuencia, se analiza el impacto en red fija de una estrategia descentralizada de *Interrogación* (consulta de la base de datos) para la localización de los *terminales móviles*, comparándola con el estándar clásico de *GSM-MAP*, [9]. Se ha invertido el orden de consulta (primero un *VLR*, y después, si es necesario, el *HLR*), descentralizándose el proceso de *Interrogación*. Conforme va aumentando el número de usuarios, la tendencia de la localidad de las llamadas es más notoria. En esta situación a la que se dirigen los sistemas actuales

de comunicaciones móviles, se ha demostrado que es más interesante abandonar la estrategia clásica centralizada, y descentralizar el procedimiento de *Interrogación* porque el coste de señalización asociado disminuye, [9].

Al concluir el trabajo, la propuesta completa de estrategia de gestión de localización ha sido analizada en todo el sistema de comunicaciones móviles. Resumiendo los resultados comentados y proporcionados por las publicaciones mencionadas, los beneficios de esta propuesta práctica —la fuerte reducción de la suma de los costes de *Actualización de Posición* y de *Búsqueda*, y la reducción del coste de *Registro de Posición*— son suficientes para paliar el único inconveniente — aumento del coste de *Interrogación*— que además se consigue amortiguar descentralizando el proceso de *Interrogación*. La gestión de localización propuesta consigue el ahorro de señalización asociada perseguido, sin mermar las prestaciones del sistema, y es fácilmente implementable en la práctica.

Referencias

- [1] P. GARCÍA ESCALLE, *Modelado y evaluación de estrategias de seguimiento de terminales móviles. Análisis de la carga de señalización en la Red de Acceso y en la Red Inteligente*, Tesis doctoral, Departamento de Comunicaciones, Universidad Politécnica de Valencia, Ed. Bell & Howell, Enero 2001. ISBN 0-493-13851-X.

Estrategia *dinámica* de *Actualización de Posición*

- [2] J. MATAIX OLTRA, V. CASARES GINER, Y P. GARCÍA ESCALLE, “Evaluation of tracking local strategies in wireless networks with Stochastic Activity Networks”, en *Proceedings of the 7th International Conference on Universal Personal Communications*, Volumen II, Florencia (Italia), Octubre 1998, *IEEE*, pp. 735–740. ISBN 0-7803-5106-1.

Estrategia *híbrida* de *Actualización de Posición*

- [3] V. CASARES GINER, J. MATAIX OLTRA, Y P. GARCÍA ESCALLE, “Global versus local mobility tracking strategies. Performance analysis using Stochastic Activity Networks”, en *Proceedings of the 10th Annual International Conference on Wireless Communications*, Volumen 2, Calgary (Canadá), Julio 1998, pp. 587–599.
- [4] P. GARCÍA ESCALLE, V. CASARES GINER, Y J. MATAIX OLTRA, “Reducing location update and paging costs in a Personal Communications Services Network”, en *Proceedings of the 9th Annual Virginia Tech/MPRG Symposium on Wireless Personal Communications*, Blacksburg, Virginia (USA), Junio 1999, pp. 221–231. Véase también el libro “*Wireless Personal Communications - Channel modeling and Systems engineering*”, *KAP*, editado por W.H. Tranter, B.D. Woener, T.S. Rappaport y J.H. Reed, Volumen 536, Sección V, Capítulo 19, Noviembre 1999, ISBN 0-7923-7705-2.
- [5] ———, “Reducing location update and paging costs in a Personal Communications Services Network”, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Volumen 1, n. 1, pp. 200–209, Enero 2002. ISSN 0773-8716.

- [6] V. CASARES GINER, P. GARCÍA ESCALLE, Y J. MATAIX OLTRA, “Modeling mobility tracking procedures for Personal Communications Services Networks using Stochastic Activity Networks”, *Kluwer Academic/Plenum Publishers, International Journal of Wireless Information Networks*, Volumen 9, n. 4, Octubre 2002.

Estudios de impacto en red fija

- [7] P. GARCÍA ESCALLE Y V. CASARES GINER, “Evaluating registration and interrogation costs in a Personal Communications Services Network”, *Kluwer Academic, International Journal of Wireless Personal Communications*, Volumen 18, n. 3, pp. 227–245, Septiembre 2001. ISSN 0929-6212.
- [8] ———, “Reducing signaling load through a new data query strategy in a Personal Communications Services Network”, en *Proceedings of the 12th Annual International Conference on Wireless Communications*, Volumen 2, Calgary (Canadá), Julio 2000, pp. 409–422.
- [9] ———, “Evaluating a decentralized interrogation using a three location area tracking algorithm”, en *Proceedings of the 13th Annual International Conference on Wireless Communications*, Volumen 2, Calgary (Canadá), Julio 2001, pp. 580–599.