



# Medida de prestaciones de Mobile IP y Hierarchical Mobile IP

## Mobile IP and Hierarchical Mobile IP Performance Measurement

◆ I. Martínez Arrúe y J. Martínez Bauset

### Resumen

El desarrollo de la Internet y el de las tecnologías inalámbricas han disparado el interés por el estudio de protocolos que permitan a los nodos móviles acceder a los mismos servicios disponibles para los nodos fijos conectados a la Internet y con las mismas prestaciones. *Mobile IP* y *Hierarchical Mobile IP* son dos protocolos que garantizan la continuidad de las comunicaciones en curso cuando un nodo móvil cambia su punto de acceso a la red. Ambos ofrecen un comportamiento transparente a los usuarios a excepción del instante en que se produce un traspaso (*handover*). El proceso de registro que debe realizar inevitablemente el nodo móvil tras cada traspaso, produce la interrupción temporal del flujo de paquetes que le llega. Este trabajo analiza este fenómeno y cuantifica en qué medida afecta a las prestaciones percibidas por el usuario.

**Palabras clave:** comunicaciones móviles, Mobile IP, traspaso, macromovilidad, micromovilidad.

### Summary

The development of the Internet and wireless technologies fuelled the interest in protocols that allow mobile nodes to access the same services available for fixed nodes connected to the Internet and with the same performance. Both *Mobile IP* and *Hierarchical Mobile IP* are protocols that guarantee the continuity of the ongoing communications when the mobile node changes its point-of-attachment from one network segment to another. Both of them offer a transparent service to users except at the time handovers are executed. The registration process that must be carried out by the mobile node at each handover produces unavoidably the interruption of the packet flow that reaches the destination node. This paper analyses this phenomenon and provides a quantitative measure of the impact that it might have on the performance perceived by users.

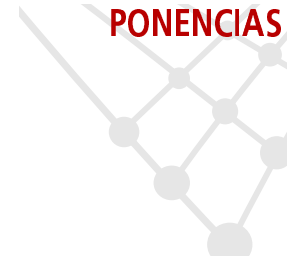
**Keywords:** mobile communications, Mobile IP, handover, macro-mobility, micro-mobility.

## 1.- Introducción

Los primeros usuarios con terminales inalámbricos podían hacer uso del acceso nómada a Internet, pero no podían cambiar su punto de acceso a la red sin correr el riesgo de perder las comunicaciones en curso. Protocolos como *Mobile IP* (MIP) [1,2] y *Hierarchical Mobile IP* (HMIP) [3], ofrecen una solución a este problema en entornos de macro y micromovilidad, respectivamente. Por macromovilidad se hace referencia a escenarios donde los traspasos son poco frecuentes, mientras que por micromovilidad se hace referencia a escenarios en los que la frecuencia de traspasos es mayor. Como es lógico, en estos últimos escenarios es necesario minimizar el impacto que la señalización necesaria en el proceso de traspaso tiene sobre las aplicaciones que ejecutan los usuarios.

En una red donde MIP proporciona los servicios de movilidad, deben existir al menos tres nodos: *Mobile Node* (MN), *Home Agent* (HA) y *Foreign Agent* (FA). Cuando un MN sale de su subred de casa (*home subnet*), en la que tiene asignada una dirección IP (*home address*), debe registrarse en la subred visitada (*foreign subnet*), donde se le asigna una segunda dirección IP temporal (*care-of-address*) perteneciente a esa nueva subred. El HA pertenece a la subred de casa del MN y se encarga de mantener la información de localización del MN. Además, captura el tráfico dirigido al MN cuando éste visita otra subred, lo encapsula (*tunneling*) y lo encamina hacia ésta. En la subred visitada, el FA hace la función de *gateway* del MN, a la vez que recibe el tráfico dirigido hacia el MN, lo desencapsula y se lo entrega. Típicamente, se define la figura del *Correspondent Node* (CN), como un nodo fijo, que puede pertenecer a cualquier subred, y que es un nodo genérico con el que el MN se comunica.

◆  
Los primeros usuarios con terminales inalámbricos podían hacer uso del acceso nómada a Internet, pero no podían cambiar su punto de acceso a la red sin correr el riesgo de perder las comunicaciones en curso



En una red HMIP, en cambio, pueden existir varios FA por subred. En general, cada FA está asociado a una célula, y cada subred puede estar compuesta por varias células, creándose una estructura jerárquica entre los FAs. Cuando el MN transita entre células de una misma subred la señalización es sólo local, mientras que cuando transita entre subredes el proceso es similar al de MIP.

El objetivo de este trabajo es la definición de dos redes experimentales que soporten una de ellas MIP y la otra HMIP respectivamente y la realización de un conjunto de pruebas que permitan evaluar el impacto de la movilidad. Las pruebas se basan en la generación de flujos de tráfico UDP y TCP desde el CN al MN, y en la monitorización del impacto de los trasposos. Las pruebas se realizan con ausencia de tráfico de fondo.

## 2.- Redes experimentales

Tanto la red experimental MIP como la HMIP que se han implementado, están formadas por dos subredes, que quedan interconectadas mediante un *router*. En la subred de casa, el HA se encuentra conectado al *router* mediante una interfaz IEEE 802.3. Mediante una segunda interfaz inalámbrica y del tipo IEEE 802.11b, el HA tiene conectividad con el MN. En la subred visitada, la estructura es diferente para la red MIP y para la red HMIP. En la red MIP, el FA queda conectado al *router* a través de una interfaz IEEE 802.3, mientras que con una segunda interfaz inalámbrica puede comunicarse con el MN. En la red HMIP, hay tres FA, que se estructuran jerárquicamente, con una topología en árbol con dos niveles.

Los dispositivos de red inalámbricos trabajan con una configuración *ad-hoc*. En nuestra configuración, la limitación por interferencias radio cercanas impiden conseguir tasas de transmisión superiores a los 2 Mbps, pese a que los dispositivos IEEE 802.11b pueden soportar hasta los 11 Mbps.

El soporte de la movilidad viene dado por el software Dynamics-HUT versión 0.8.1, un paquete de herramientas de libre distribución que funciona con el sistema operativo Linux y que puede utilizarse tanto para implementaciones MIP como HMIP. La instalación de este paquete de software ha de realizarse en cada uno de los agentes y en el MN. En cada nodo se debe modificar un *script* en el que se proporcionan una serie de parámetros para configurar el protocolo de movilidad correspondiente.

## 3.- Medida de prestaciones en la red experimental MIP

A modo de ejemplo, se describen sólo tres de las pruebas realizadas. En la primera, para un flujo de tráfico de tasa 100 paquetes por segundo y formado por paquetes UDP de 1024 bytes (es decir, una tasa binaria de 819.2 kbps), la respuesta de la red MIP es tal que los retardos extremo a extremo de los paquetes son despreciables, a excepción del instante en que se produce el traspaso. La figura muestra los instantes de transmisión y recepción de los paquetes para cada número de secuencia de paquete. Como se observa, tras un traspaso, ocurre una interrupción del flujo de paquetes que llegan al MN, seguida de un transitorio durante el que se reciben paquetes con cierto retardo, hasta que la situación vuelve a normalizarse. La interrupción se debe al proceso de registro del MN con su HA, el cual ocurre cada vez que se produce un traspaso y el MN cambia de subred. En [2] se estima que el retardo introducido por procesamiento de los mensajes de petición y respuesta de registro se encuentra alrededor de 100 ms. En la figura se observa cómo la duración de la interrupción del flujo de paquetes es también de unos 100 ms. Mientras, el transitorio posterior dura otros 100 ms.

◆  
Tanto la red experimental MIP como la HMIP que se han implementado, están formadas por dos subredes, que quedan interconectadas mediante un *router*.

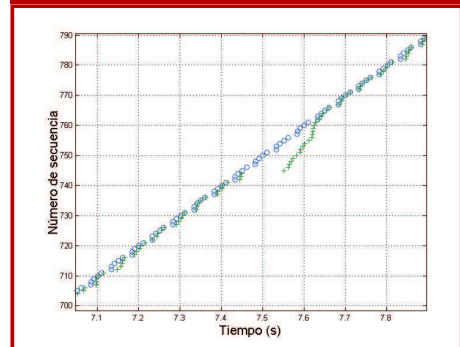


Respecto a la red de acceso, hay dos limitaciones:

- la tasa máxima de transmisión de las interfaces inalámbricas queda limitada por el ruido
- el soporte de MIP y HMIP en los agentes (HA y FA), tiene un coste computacional muy elevado

En la segunda prueba, para un flujo de tráfico de tasa 200 paquetes por segundo y formado por paquetes UDP de 1024 bytes (esto es, una tasa binaria de 1.638 Mbps), las interfaces inalámbricas en la red experimental se encuentran próximas al límite de su capacidad, y se observa un aumento considerable del retardo y las pérdidas de paquetes. Esto es debido al proceso de *tunneling* entre HA y FA. Éste tiene un alto coste computacional, puesto que es necesario realizar muchas lecturas y escrituras sobre diferentes estructuras de datos mientras se ejecutan las tareas de encapsulado y desencapsulado.

INSTANTES DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE CADA PAQUETE CON TRÁFICO UDP



En la tercera se estudia el impacto que la movilidad tiene sobre el tráfico TCP. Se observa una disminución en la tasa binaria efectiva de transmisión al producirse traspasos consecutivos. Tras cada traspaso, y debido a la interrupción del flujo de paquetes, estos llegan con cierto retardo al MN. Algunos de los reconocimientos asociados a dichos paquetes llegan al CN cuando el temporizador ya ha vencido, de modo que TCP interpreta que se ha producido una situación de congestión en la red y reduce la ventana de transmisión. Lógicamente, el impacto de este fenómeno tiene una relación directa con la frecuencia de traspasos, como se muestra en la Tabla I.

FRECUENCIA DE TRASPASOS	RATIO ENTRE LA TASA BINARIA EFECTIVA Y LA MAXIMA POSIBLE
Traspaso cada 5 s	84.0%
Traspaso cada 3 s	72.2%
Traspaso cada 2 s	56.1%

Tabla I. Disminución de tasa efectiva de transmisión de un flujo TCP con la frecuencia de traspasos

#### 4.- Medida de prestaciones en la red experimental HMIP

En este caso, y también a modo de ejemplo, se describe sólo una de las pruebas realizadas. En la red HMIP se evalúa el impacto que los traspasos entre células de una misma subred tienen sobre las prestaciones percibidas por el usuario. Los resultados son similares a los obtenidos en la red MIP, de manera que aparece también una interrupción del flujo de paquetes que llega al MN y un transitorio, aunque en este caso la duración es significativamente menor que el caso de la red MIP. Las interrupciones en el flujo de paquetes tienen una duración de entre 20 y 40 ms. En HMIP un traspaso entre células de la misma subred no origina un proceso de registro del MN con su HA. Sólo debe producirse un registro del MN en la nueva célula y una actualización de las rutas dentro de la jerarquía de FAs de la subred visitada. Al propagarse los mensajes de señalización sólo por el interior de la subred visitada, los retardos son sensiblemente menores que en MIP.

#### 5.- Conclusiones

Respecto a la red de acceso, dos son las limitaciones encontradas. Por una parte, la tasa máxima de transmisión de las interfaces inalámbricas queda limitada por el ruido y por otra, el soporte de MIP y HMIP en los agentes (HA y FA), especialmente las tareas de *tunneling*, tiene un coste computacional muy elevado.

Para el tráfico UDP, los protocolos de movilidad ofrecen un comportamiento casi transparente al usuario para cargas de tráfico que no superen las limitaciones descritas. No obstante, tras cada traspaso se producen interrupciones en el flujo de los paquetes que llegan al MN, las cuales son inevitables al ir ligadas al proceso de registro del MN. En los escenarios estudiados, si el móvil ejecutase aplicaciones de tiempo real, el impacto de la movilidad podría ser severo. En aquellas aplicaciones con un *deadline* menor que el tiempo que dura la interrupción del flujo, se producirá una degradación de la calidad de servicio percibida por el usuario.

Por otra parte, en aquellas aplicaciones que utilicen TCP se producirá una disminución de tasa binaria efectiva de transmisión, especialmente en los instantes posteriores a cada traspaso.

### Referencias

- [1] Solomon, J. D. "Mobile IP. The Internet Unplugged", Prentice Hall PTR, 1998. ISBN 0-13-856246-6.
- [2] Perkins, C. "IP Mobility Support for IPv4", RFC 3344, Agosto 2002.
- [3] Gustafsson, E.; Jonsson, A.; Perkins, C. "Mobile IP Regional Registration", Internet draft, Julio 2000


### Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por el *Ministerio de Ciencia y Tecnología* a través de los proyectos de investigación "Soporte a la Calidad de Servicio (QoS) Extremo a Extremo en Redes Multiservicio Basadas en IP que Permiten Movilidad y Servicios Multimedia" (TIC2001-0956-C04-04) y "Dimensionado de Redes de Acceso Inalámbricas 2,5G y 3G con Servicios Diferenciados (RAISeD)" (TIC2003-08272).

**Ignacio Martínez Arrúe**  
(igmarar@doctor.upv.es)

**Jorge Martínez Bauset**  
(jmartinez@upvnet.upv.es)

Grupo de Interconexión de Redes de Banda Ancha  
ITACA  
UPV



En los escenarios estudiados, si el móvil ejecutase aplicaciones de tiempo real, el impacto de la movilidad podría ser severo