

IP Móvil para redes móviles de tercer nivel

Yezid Donoso Meisel*, Caroll Castañez Niebles**,
Leuvs Castro Osorio**, Arnulfo Pabón**

(Grupo de Redes de Computadores, Universidad del Norte
Grupo de Ingeniería Telemática, Universidad del Cauca)

Resumen

En este artículo se plantean algunas pautas generales acerca del protocolo IP Móvil, el cual hace posible que los nodos¹ se muevan desde una subred IP a otra, bien sea a través de medios homogéneos o heterogéneos, de tal forma que la dirección IP del nodo permanece igual después de tal movimiento. Además, se muestra un resumen de la operación de dicho protocolo y su ilustración mediante ejemplos, así como la identificación de entidades funcionales introducidas por él.

Palabras claves: IP Móvil, redes móviles, TCP/IP.

Abstract

In this article, some general rules about Mobile IP protocol are established. This protocol enables move nodes between IP nets through homogeneous or heterogeneous means, so that IP direction remains equal after that movement. Besides, a operation summary of this protocol, its illustration by means of examples and identification of functional entities are shown here.

Key words: IP Mobile, TCP/IP.

Fecha de recepción: Septiembre 1 de 1999

* Ingeniero de Sistemas de la Universidad del Norte; Magíster en Ingeniería de Sistemas en la Universidad de los Andes, con área de investigación en redes de comunicaciones; Minor en Gestión de Proyectos de Ingeniería de la Universidad del Norte. Profesor e investigador del Departamento de Ingeniería de Sistemas de esta última universidad. (e-mail: ydonoso@guayacan.uninorte.edu.co y donoso@guayacan.uninorte.edu.co).

** Estudiantes de 10° semestre de Ingeniería de Sistemas y Computación en la Universidad del Norte. Miembros del Grupo de Redes del Departamento de Ingeniería de Sistemas de la misma universidad.

1 Ver terminología.

1. Introducción

Los últimos avances a nivel de *hardware* y tecnologías de comunicación nos han introducido en la era de la computación móvil. La proliferación de poderosos computadores portátiles y comunicaciones inalámbricas hará posible proveer a los usuarios accesos a redes en cualquier momento y en cualquier lugar. Esta continua conectividad permiti-

tirá a los usuarios ser notificados rápidamente del cambio en los eventos, y les proporcionará los recursos necesarios para responder a ellos cuando ocurren.

Desafortunadamente, hoy en día los protocolos de interconexión tales como TCP/IP, IPX y *AppleTalk* se comportan desfavorablemente cuando se trabaja con migración de *host*. Las versiones actuales del Protocolo Internet (IP) asumen de manera implícita el hecho de que el punto en el cual el computador se conecta a Internet está fijo y su dirección IP identifica a la red a la cual está conectado.

IP Móvil introduce las siguientes nuevas entidades funcionales:

- **Nodo Móvil:** Un *host* o *router*¹ que cambia su punto de vínculo desde una red o subred a otra.
- **Agente Local (HA, Home Agent):** Un nodo sobre una red local¹ de un nodo móvil que se encarga de entregar, a través de un *tunnel*¹, datagramas que le han sido enviados al nodo móvil cuando está lejos de su red local, y mantiene información actual de la ubicación del nodo móvil.
- **Agente Foráneo (FA, Foreign Agent):** Un nodo sobre una red visitada¹ por el nodo móvil que provee servicios de enrutamiento a dicho nodo mientras se encuentre registrado. El agente foráneo recibe por el *tunnel* y entrega los datagramas al nodo móvil

que fueron enviados por el Agente Local del mismo nodo.

2. Descripción del Protocolo

Los siguientes pasos proveen un primitivo resumen de operación del protocolo IP Móvil:

- Los agentes de movilidad (es decir, agentes foráneos y locales) anuncian su presencia por medio de los mensajes de Anuncio de Agente¹. Un nodo móvil puede opcionalmente solicitar un mensaje de Anuncio de Agente desde cualquier ubicación mediante un mensaje de Solicitud de Agente¹.
- Un nodo móvil recibe estos anuncios de agente y determina si está sobre su red local o una red foránea¹.
- Cuando el nodo móvil detecta que está ubicado en su red local, opera sin servicios de movilidad. Si, volviendo a su red local está siendo registrado en otra parte, el nodo móvil se desvincula con su agente local, mediante el intercambio de una solicitud de registro y mensaje de respuesta de registro con él.
- Cuando un nodo móvil detecta que se ha movido a una red foránea, obtiene una *care-of address*¹ en la red foránea. La *care-of address* puede ser determinada desde un Anuncio de Agente foráneo (una *care-of address* de agente foráneo), o por algún mecanismo de asignación externo, tal

como DHCP (una *co - located care-of address*).

- El nodo móvil que opera lejos de su red local registra su nueva *care-of address* con su agente local mediante el intercambio de una solicitud de registro y mensaje de respuesta de registro con él, posiblemente por medio de un agente foráneo.
- Los datagramas enviados a la dirección local¹ del nodo móvil se interceptan por su agente local, son remitidos a través del *tunnel* por el agente local a la *care-of address* del nodo móvil, recibidos en el punto final del *tunnel* (o por un agente foráneo o por el nodo móvil mismo), y finalmente entregados al nodo móvil.
- Los datagramas enviados por el nodo móvil se entregan generalmente a su destino usando mecanismos de enrutamiento IP estándar, no necesariamente pasando a través del agente local.

Cuando está lejos de su red local, IP Móvil usa el protocolo *tunneling* para ocultar la dirección local de un nodo móvil de *routers* que intervienen entre su red local y su ubicación actual. El *tunnel* termina en la *care-of address* del nodo móvil. La *care-of address* debe ser una dirección a la cual los datagramas pueden entregarse por medio de enrutamiento IP convencional. En la *care-of address*, el datagrama original es removido del *tunnel* y entregado al nodo móvil.

IP Móvil provee dos modos alternativos para la adquisición de una *care-of address*:

- Una «*care-of address* de agente foráneo» es una *care-of address* provista por un agente foráneo mediante sus mensajes de Anuncio de Agente. En este caso, la *care-of address* es una dirección IP del agente foráneo. En este modo, el agente foráneo es el punto final del *tunnel* y, al recibimiento de datagramas, los desencapsula y entrega el interior del datagrama al nodo móvil. Este modo de adquisición es preferible, debido a que permite a muchos nodos móviles compartir la misma *care-of address* y, por lo tanto, no pone demandas innecesarias sobre el ya limitado espacio de direcciones de IP.
- Una «*co - located care-of address*» es una *care-of address* adquirida por el nodo móvil como una dirección IP local mediante algún medio externo, la cual el nodo móvil asocia con una de su propia interface de red. La dirección puede adquirirse dinámicamente como una dirección temporal por el nodo móvil, o puede ser apropiada por el nodo móvil como una dirección a largo plazo para su uso sólo mientras visita alguna red foránea. Cuando se usa una *co - located care-of address*, el nodo móvil sirve como el punto final del *tunnel* y él mismo realiza la desencapsulación de los datagramas que le fueron remitidos por el *tunnel*.

El modo de uso de una *co-located care-of address* tiene la ventaja que permite que un nodo móvil funcione sin un agente foráneo. Es importante comprender la distinción entre las funciones de *care-of address* y agente foráneo. La *care-of address* es simplemente el punto final del *tunnel*. Podría, desde luego, ser una dirección de un agente foráneo (una *care-of address* de agente foráneo), pero podría, en cambio, ser una dirección temporalmente adquirida por el nodo móvil (una *co-located care-of address*). Un agente foráneo, por otra parte, es un agente de movilidad¹ que provee servicios a nodos móviles. Por ejemplo, la figura ilustra el enrutamiento de datagramas a y desde

un nodo móvil lejos de su red local, una vez el nodo móvil se ha registrado con su agente local. En la figura 1, el nodo móvil usa una *care-of address* de agente foráneo.

A continuación se muestra el procedimiento del envío de un datagrama IP (ver figura 2) que va desde un computador A (18.23.0.15) hasta el nodo móvil (128.226.3.30). En esta figura, el nodo móvil está lejos de su red local. HA y FA actúan como sus agentes local y foráneo, respectivamente. En el datagrama, la parte sombreada en negro es el contenido, y la parte sombreada en gris es la cabecera adicional que el agente foráneo le adiciona al encapsularlo.

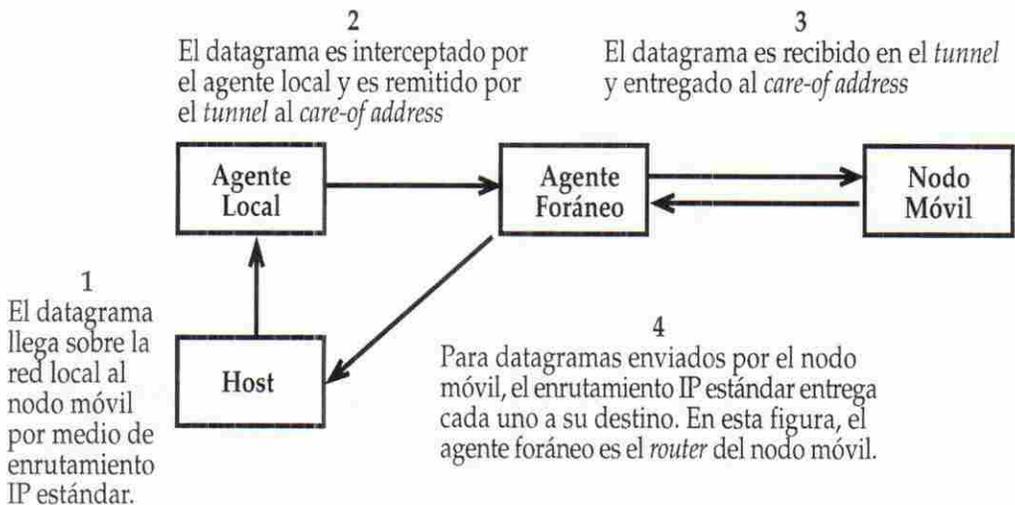


Figura 1. Enrutamiento de datagramas a y desde un nodo móvil que se encuentra lejos de su red local

3. Consideraciones de Nodo Móvil

Cada nodo móvil DEBE¹ implementar Solicitud de Agente. Las Solicitudes DEBEN sólo ser enviadas en la ausencia de Anuncios de Agente y cuando una *care-of address* no ha sido determinada a través de un protocolo de la capa de enlace u otros medios.

El valor al que un nodo móvil envía las Solicitudes DEBE limitarse por el nodo móvil. El nodo móvil PUEDE¹ enviar tres Solicitudes iniciales a una tasa máxima de uno por segundo mientras busca un agente. Después de esto, la tasa a la cual las Solicitudes se envían DEBE ser reducida, a fin de limitar el margen superior en el enlace¹ local. Las Solicitudes subsiguientes DEBEN enviarse usando un mecanismo de retroceso exponencial binario, duplicar el intervalo entre So-

licitudes consecutivas, hasta un intervalo máximo. El intervalo máximo DEBERÍA elegirse adecuadamente basado en las características del medio sobre el cual el nodo móvil solicita. Este intervalo máximo DEBERÍA ser al menos de un minuto entre Solicitudes.

Mientras está buscando un agente, el nodo móvil NO DEBE¹ aumentar la tasa a la cual envía Solicitudes, a menos que haya recibido una indicación positiva de que se ha movido a un nuevo enlace. Después de registrarse exitosamente con un agente, el nodo móvil DEBERÍA también aumentar la tasa a la que enviará Solicitudes para la próxima búsqueda de un nuevo agente con el cual registrarse. La tasa de solicitud incrementada PUEDE revertir al valor máximo, pero entonces DEBE limitarse en la manera descrita arriba. En

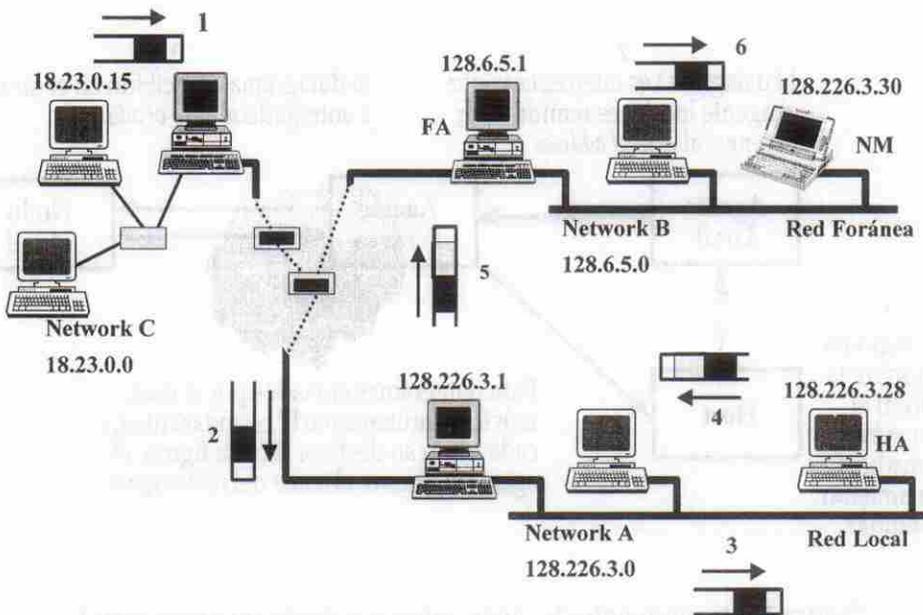


Figura 2. Envío de un datagrama a un nodo móvil en una red foránea

todos los casos, los intervalos recomendados de solicitud son los valores nominales. Los nodos móviles DEBEN aleatorizar su tiempo de solicitud alrededor de estos valores nominales.

Los nodos móviles DEBEN procesar los Anuncios de Agente recibidos. La presencia de una extensión de Anuncio de Agente de Movilidad identifica el anuncio como un Anuncio de Agente.

Cuando los métodos múltiples de descubrimiento de agente¹ están en uso, el nodo móvil DEBERÍA¹ primero intentar el registro con agentes que incluyan extensiones de Anuncio de Agente de Movilidad en sus anuncios, en preferencia a esos descubiertos por otros medios. Esta preferencia aumenta al máximo la probabilidad de que el registro sea reconocido, por eso minimiza el número de intentos de registro.

4. Consideraciones de Agente Local y Agente Foráneo

Cualquier agente de movilidad que no pueda ser descubierto por un protocolo de la capa de enlace DEBE enviar Anuncios de Agente. Un agente que sí pueda ser descubierto DEBERÍA implementar también Anuncios de Agente. Sin embargo, los Anuncios no necesitan ser enviados, excepto cuando la política del lugar requiera el registro con el agente, o como una respuesta a una solicitud de Agente específico. Todos los agentes de movilidad DEBERÍAN responder a las solicitudes de Agente.

Los mismos procedimientos, *defaults* y constantes se usan en los mensajes de Anuncio de Agente y mensajes de Solicitud de Agente, excepto que:

- Un agente de movilidad DEBE limitar la tasa a la que envía Anuncios de Agente *multicast* o *broadcast*; un valor máximo recomendado es una vez por segundo.
- Un agente de movilidad que recibe una Solicitud de Router NO DEBE requerir que la dirección IP fuente sea la dirección de un vecino (es decir, una dirección que equispara una de las direcciones propias del *router* sobre la interface de llegada, bajo la máscara de subred asociada con esa dirección del *router*).
- Un agente de movilidad PUEDE configurarse para enviar Anuncios de Agente sólo en respuesta a un mensaje de Solicitud de Agente.

Si la red local no es una red virtual¹, entonces el agente local para cualquier nodo móvil DEBERÍA ubicarse sobre el enlace identificado por la dirección local del nodo móvil. De esta manera, los nodos móviles sobre su propia red local serán capaces de determinar que ellos están, en efecto, en su red local.

Si la red local es una red virtual, la red local no tiene realización física externa para el agente local mismo. En este caso, no hay enlace de red físico sobre el cual enviar mensajes de Anuncio de Agente advirtiendo el agente local.

5. Registro

El registro en IP móvil provee un mecanismo flexible para que nodos móviles comuniquen su actual información de habilidad de comunicación a su agente local.

Es el método por el cual los nodos móviles:

- Solicitan servicios de expedición cuando visitan una red foránea.
- Informan a su agente local de su actual *care-of address*.
- Renuevan un registro que caduca, y/o
- Se desvinculan cuando vuelven a su red local.

Los mensajes de registro intercambian información entre un nodo móvil, un agente foráneo y el agente local. El registro crea o modifica un *binding* de movilidad¹ en el agente local, asociando la dirección local del nodo móvil con su *care-of address* para el Tiempo de Vida especificado. Otras diversas capacidades están disponibles mediante el procedimiento de registro, las cuales habilitan a un nodo móvil para:

- Mantener registros múltiples simultáneos, para que una copia de cada datagrama sea remitida por el *tunnel* a cada *care-of address* activo.
- Desvincular la *care-of address* especí-

fica mientras retiene otra *binding* de movilidad, y

- Descubrir la dirección de un agente local si el nodo móvil no está configurado con esta información.

6. Formato de Mensaje y Extensibilidad del protocolo

IP Móvil define un conjunto de nuevos mensajes de control, enviados con UDP usando el puerto número 434. Actualmente, los siguientes dos tipos de mensajes son definidos:

1. Solicitud de Registro
2. Respuesta de Registro

Además, para el Descubrimiento de Agente, IP Móvil hace uso del Anuncio de Router existente y mensajes de solicitud de router. IP Móvil define un mecanismo de extensión general para permitir que información opcional sea transportada por mensajes de control IP Móvil o por mensajes de Descubrimiento de Router ICMP. Cada una de estas extensiones (con una excepción) es codificada en el siguiente formato Tipo-Longitud - Datos:

0	7	15	22
Tipo	Longitud	Datos ...	

Figura 3. Formato de Mensaje con Extensión para Información Adicional

- **Tipo:** Indica el tipo particular de extensión.

- **Longitud:** Indica la longitud (en bytes) del campo de datos dentro de esta extensión. La longitud No incluye los bytes de Tipo y Longitud.
- **Datos:** Los datos particulares asociados con esta extensión. Este campo puede ser de cero o más bytes de longitud. El formato y longitud del campo de datos es determinado por los campos de Tipo y Longitud.

Las extensiones permiten que cantidades variables de información sean transportadas dentro de cada datagrama. El fin de la lista de extensiones es indicado por la longitud total del datagrama IP. Dos conjuntos se usan en IP Móvil:

- El primer conjunto consiste de esas extensiones que pueden aparecer sólo en mensajes de control IP Móvil. Actualmente se definen los siguientes Tipos:

- 32 Autenticación Móvil - Local
- 33 Autenticación Móvil - Foránea
- 34 Autenticación Foránea - Local

- El segundo conjunto consiste de esas extensiones que pueden aparecer sólo en mensajes de Descubrimiento de Router ICMP. Actualmente, IP Móvil define los siguientes Tipos:

- 0 Un byte de relleno (codificado sin

el campo de Datos ni Longitud)

- 16 Anuncio de Agente de Movilidad
- 19 Longitudes Prefijas

Debido a la separación de estos conjuntos, es concebible que dos extensiones que se definen en una fecha posterior puedan tener valores idénticos de Tipo, mientras que una de las extensiones puede usarse sólo en mensajes de control IP Móvil y la otra puede ser usada sólo en mensajes de Descubrimiento de Router ICMP.

Cuando una extensión enumerada en uno de estos conjuntos dentro del rango de 0 a 127 es encontrada pero no reconocida, el mensaje que contiene esa extensión DEBE silenciosamente desecharse. Cuando una extensión enumerada en el rango de 128 a 255 se encuentra que no es reconocida, esa extensión particular se ignora, pero el resto de los datos del mensaje y extensiones DEBEN todavía ser procesados. El campo de Longitud de la extensión se usa para saltar el campo de Datos en búsqueda de la próxima Extensión.

CONCLUSIONES

- Las redes móviles, sin duda alguna, se destacan en ventajas frente a las redes fijas, ya que permiten el *roaming*, ya sea en una zona o en el mundo entero, sin depender de un equipo fijo conectado por medio de cables a un teléfono. Sin embargo, las estaciones de una red móvil necesitan operar con otras redes fijas, por lo cual gran parte del control de una

red móvil se realiza desde una red fija o conjunto de redes fijas.

- Ipv4 e Ipv6 no son protocolos que den soporte a este tipo de tecnologías, por esta razón están en una gran desventaja con Ip Móvil.

Referencias

1. <http://www.ietf.cnri.reston.va.us/html.charters/wg-dir.html>
2. <http://www.ietf.cnri.reston.va.us/html.charters/wg-dir.html>
3. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mobileip-optim-08.txt>
4. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mobileip-optim-08.txt>
5. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-montenegro-firewall-sup-03.txt>
6. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-montenegro-firewall-sup-03.txt>
7. <http://www.ietf.org/html.charters/mobileip-charter.html>
8. <http://www.ietf.org/html.charters/mobileip-charter.html>
9. http://www.artech-house.com/artprogs/detail_disp?0-89006-860-7
10. http://www.artech-house.com/artprogs/detail_disp?0-89006-860-7

TERMINOLOGÍA

- *Nodo*: Un *host* o un *router*.
- *Anuncio de Agente*: Un mensaje de anuncio construido por un agente, local o foráneo, para indicar a un nodo su disponibilidad para brindarle servicio.
- *Solicitud de Agente*: Un mensaje enviado por un nodo móvil cuando llega a una nueva red.
- *Tunnel*: La trayectoria seguida por un datagrama mientras es encapsulado. El

modelo consiste en que, mientras es encapsulado, un datagrama se enruta a un agente inteligente, que desencapsula el datagrama y entonces lo entrega correctamente a su destino definitivo.

- *Care-of Address*: El punto de terminación de un *tunnel* hacia un nodo móvil, para datagramas remitidos al nodo mientras está lejos de su red local. El protocolo puede usar dos tipos diferentes de *care-of address*: una *care-of address de agente foráneo* es una dirección de un agente foráneo con el cual el nodo móvil se registra, y una *care-of address co-ubicada* es una dirección local obtenida externamente, la cual el nodo móvil ha asociado con una de sus interfaces propias de red.
- *Red Foránea*: Cualquier red, a excepción de la red local del nodo móvil.
- *Dirección Local*: Una dirección Ip que se asigna por un período extendido de tiempo al nodo móvil. Permanece sin cambiar sin tener en cuenta dónde el nodo está vinculado a Internet.
- *Red Local*: Una red, posiblemente virtual, que tiene un prefijo de red para equiparar una dirección local de un nodo móvil.
- *Enlace*: Una facilidad o medio sobre el cual los nodos pueden comunicarse en la capa de enlace. Un enlace es la base de la capa de red.
- *Agente de Movilidad*: Un agente local o un agente foráneo.
- *Binding de Movilidad*: La asociación de una dirección local con una *care-of address*, conjuntamente con el tiempo de vida restante de esa asociación.
- *Red Virtual*: Una red sin instalación física

más allá de un *router* (con una interface de red física sobre otra red).

- *Red Visitada*: Una red, a excepción de una red local, de un nodo móvil, a la cual el nodo móvil está actualmente conectado.
- *Descubrimiento de Agente*: Los agentes locales y foráneos pueden anunciar su disponibilidad sobre cada enlace para el cual ellos proveen servicio. Un nodo móvil que llega nuevamente puede enviar una solicitud sobre el enlace para saber si un agente cualquiera está presente.
- *Tiempo de Vida*: El tiempo de vida más largo (medido en segundos) que un agente está dispuesto a aceptar en cualquier Solicitud de Registro.
- *Router*: Es un nodo que redirige un paquete de información ya sea a otro *router* o al equipo que le debe llegar la información en caso de que este equipo pertenezca a dicho *router*.
- *DEBE*: Esta palabra, o el adjetivo «requerido», significa que la definición es un requerimiento absoluto de la especificación.
- *NO DEBE*: Esta frase significa que la definición es una prohibición absoluta de la especificación.
- *DEBERÍA*: Esta palabra, o el adjetivo «recomendado», significa que, en algunas circunstancias, pueden existir razones válidas para ignorar este ítem, pero todas las implicaciones deben ser comprendidas y cuidadosamente sopesadas antes de elegir un curso diferente.
- *PUEDE*: Esta palabra, o el adjetivo «optativo», significa que este artículo es uno de un conjunto permitido de alternativas. Una implementación que no incluye esta opción *DEBE* estar dispuesta para interoperar con otra implementación que incluya la opción.