

# Movilidad en IPv6

Javier Díaz  
jdiaz@unlp.edu.ar

Mauricio Demasi  
mdemasi@cespi.unlp.edu.ar

Matías Robles  
mrobles@info.unlp.edu.ar

Germán Vodopivec  
vodopivec@cespi.unlp.edu.ar

Laboratorio de Investigaciones en Nueva Tecnologías Informáticas (LINTI)  
Facultad de Informática  
Universidad Nacional de La Plata

## Palabras claves

Movilidad, IPv6

## Resumen

El presente trabajo tiene como propósito explicar como funciona la movilidad, a nivel de capa de red, usando el protocolo IPv6. El objetivo de la movilidad es proveer conectividad a una red a dispositivos móviles, incluso cuando abandonan su red origen y se mueven a otra con distinta dirección de red. Además, permite que un nodo pueda ser ubicado siempre por su dirección original sin importar su ubicación actual. El análisis del protocolo de movilidad se basó en armar distintas topologías físicas de red, y realizar una transferencia de un archivo mientras uno de los extremos de la conexión se movía hacia otra red con diferente dirección de red.

## Introducción

En la última década la tecnología wireless ha tenido enormes avances, tanto en su estudio y análisis en laboratorios de investigación como en su utilización en ámbitos de trabajo. Uno de los principales motivos de su éxito lo podemos encontrar en que los usuarios tienen la posibilidad de moverse libremente dentro del área de cobertura de la red inalámbrica con sus dispositivos móviles sin perder conectividad. Esta característica, entre otras, ha resultado tan beneficiosa para los usuarios que, a pesar de los aspectos negativos que presentan las redes wireless, como es el tema de la seguridad, están teniendo gran aceptación en el mercado, tanto en redes con IPv4 como con IPv6.

IPv6, el sucesor de IPv4, al igual que las redes wireless está empezando a ser implementado en ambientes de producción, fuera de los laboratorios de investigación. El principal beneficio de IPv6 sobre IPv4 es que elimina la falta de direcciones libres que actualmente existe en IPv4, con lo cual, no es necesario el uso de distintas herramientas como NAT para tener conectividad con otras redes.

Desplazarse en una red sin conexiones físicas es muy beneficioso pero, lo es aún más, tener la capacidad de moverse hacia diferentes redes con distintas direcciones de red sin perder la conectividad con el otro extremo.

## IPv6

Como se indica más arriba, IPv6 es el sucesor de IPv4. El principal motivo para el desarrollo de este nuevo protocolo es la evidente falta de direcciones libres para otorgar a los nuevos usuarios de Internet.

IPv6 tiene direcciones de 128 bits contra los 32 bits de IPv4. Las direcciones se expresan con el formato *ipv6-address/prefix*, donde *prefix* es un número decimal que indica cuantos bits de la parte izquierda de la dirección pertenecen a la red.

Las direcciones IPv6 permiten números hexadecimales y están compuestas por 8 grupos, de 4 números hexadecimales cada uno, separados por dos puntos cada grupo.

En IPv6 las direcciones se pueden configurar automáticamente, sin intervención de los usuarios finales. Para esto, se debe configurar en los routers un prefijo de red (entre otros datos). Esta información es enviada por los routers, en mensajes que se denominan Router Advertisement, a todos los nodos del enlace, a intervalos de tiempo determinados y configurables. Al recibir este anuncio, los nodos concatenan su dirección MAC, con algunas modificaciones, al final del prefijo enviado por el router. Si el prefijo tiene alcance a todo Internet, esta dirección también lo tendrá.

Al momento de diseñar el protocolo IPv6, la movilidad fue una de los puntos que se tuvieron en cuenta, con lo cual está totalmente integrada al protocolo. En cambio, en IPv4 es un parche posterior.

La movilidad utiliza las cabeceras de extensión que provee el protocolo para realizar parte de su trabajo. Estas cabeceras se insertan entre

la cabecera IPv6 y la del protocolo de capa superior, y posibilitan la extensibilidad del protocolo.

### **Movilidad**

Se entiende por movilidad a la capacidad que tiene un nodo de una red para mantener la misma dirección IP, a pesar que se desplace físicamente a otra red. Es decir que sin importar su ubicación este puede seguir siendo accesible a través de su misma dirección IP.

Sin esta capacidad, los paquetes destinados a un nodo móvil, no podrán llegar a destino mientras dicho nodo, se encuentre alejado de su enlace principal.

Para que un nodo tenga la capacidad de movilidad, la misma debe ser habilitada en el mismo. Mientras este nodo se encuentra en su red, Home Network, la dirección IP que tiene asignada se conoce como Home Address. Siempre que su ubicación sea en su red origen, los paquetes enviados a esa dirección serán ruteados utilizando los mecanismos tradicionales de Internet.

Cuando el nodo se desplaza hacia otra red, adquiere una nueva dirección, conocida como Care-of Address, con igual prefijo de red al de la red visitada.

Una vez que configuró su nueva dirección debe informársela a un nodo, ubicado en su Home Network, que se conoce como Home Agent. Este proceso de asociar la home address con la nueva care-of address se conoce como Binding.

El momento en que el nodo móvil se mueve a otra red es el punto crítico del proceso. Esto se conoce como handover, y es el momento en el que el nodo móvil pierde conectividad con el otro extremo hasta que termine todo el procedimiento de obtener la nueva dirección y registrarse con el home agent. Este lapso debe ocupar el menor tiempo posible para evitar que se pierdan muchos paquetes, que luego tendrán que ser retransmitidos, porque mientras se encuentra en este estado el nodo no es capaz de recibir paquetes enviados a su home address.

El handover también se produce cuando un nodo se mueve entre diferentes Access Points(AP) pertenecientes a una misma red wireless, es decir, al desplazarse el nodo va cambiando su asociación entre los diferentes AP pero mantiene su dirección IP. Este proceso se realiza a nivel de enlace, y es transparente a las capas superiores. Estas no se enteran de este desplazamiento, con lo cual la dirección IP no se modifica.

### **Movilidad en IPv6**

La movilidad no es específica de IPv6, en nodos con IPv4 también se puede habilitar esta capacidad. La ventaja que tiene IPv6 es que su implementación está pensada para soportar la movilidad en forma nativa. Por ejemplo, el home agent debe informar a sus vecinos que está funcionando como tal. Esto lo logra haciendo uso de los anuncios que envía periódicamente el router. IPv4 no tiene, originalmente, la capacidad de enviar este tipo de anuncios. Se lo debe actualizar.

Para obtener su care-of address, el nodo móvil puede utilizar los Router Advertisements enviados periódicamente por el router. Esto, sumado al proceso de autoconfiguración de direcciones, hace todo el trabajo en forma transparente al usuario.

A continuación, el nodo móvil realiza el binding de la nueva dirección como se explicó mas arriba. A partir de este momento, el home agent comienza a tener un papel importante en las comunicaciones del nodo móvil. Su función es la detectar todo los mensajes enviados al nodo móvil y redirigirlos a su ubicación actual.

Existen dos maneras distintas para realizar el vínculo con el nodo móvil. La forma que se utilice depende de la configuración del nodo con el que se está comunicado al momento del cambio de red o que se quiere comunicarse, conocido como nodo correspondiente.

Si el nodo correspondiente no tiene la capacidad de movilidad habilitada, todos los paquetes son enviados a la home address del nodo móvil. El home agent, quien es el único que conoce la nueva dirección del nodo móvil, es el encargado de capturar dichos paquetes y, mediante el armado de un túnel, reenviarlos al nodo móvil.

Si el nodo correspondiente tiene la capacidad de movilidad habilitada, se utiliza el ruteo optimizado. El nodo móvil le envía un mensaje, indicándole su care-of address, al nodo correspondiente. Este debe utilizar dicha dirección como Destination Address en los paquetes que envía el nodo móvil para que sean ruteados de manera directa sin necesidad de pasar por el home agent.

Cuando el nodo móvil está fuera de su home address, debe utilizar su care-of address como Source Address de los paquetes generados. Todo el tráfico que envía el nodo móvil será ruteado de manera directa sin ningún dispositivo especial intermedio. Esto es así en todas las comunicaciones en las que participa el nodo móvil,

es decir, tanto en las nuevas conexiones como en las que tenía cuando se ejecutó el handover a nivel de red.

### Pruebas en el laboratorio

Con el propósito de realizar las pruebas de movilidad en entornos inalámbricos, se montaron distintas topologías físicas de red en el laboratorio LINTI de la UNLP.

Las diferentes topologías se implementaron utilizando PC Routers con Linux para la parte cableada de la misma, y para la parte inalámbrica se utilizaron Cisco Access Point 1200, y una notebook que funcionó como nodo móvil.

Para que la PC Router, que funcionó como Home Agent, el nodo móvil y el nodo correspondiente tengan la capacidad de movilidad instalada, se utilizó la implementación MIPL Mobile IPv6 para Linux. Esta es una implementación muy actualizada y que se encuentra en constante progreso. La última versión se corresponde con la versión 2.6.15 del kernel. Está compuesta un parche para el kernel, que se debe recompilar una vez que se lo aplica y se seleccionan las opciones de movilidad, y una aplicación a nivel de usuario. Para que los PC funcionen como router se debe habilitar la capacidad de ruteo en IPv6 (ipv6\_forwarding) e instalar el radvd. Este programa, que funciona como un daemon, es el encargado de enviar los Routers Advertisements.

En total se armaron tres esquemas diferentes para realizar las pruebas con el fin de analizar el funcionamiento de la movilidad dependiendo de la ubicación de los nodos participantes. Las pruebas realizadas consistieron en la copia de un archivo entre el nodo móvil y el nodo correspondiente usando scp.

En el primer esquema, que se muestra en la Figura 1, el nodo móvil y el nodo correspondiente se encuentran en la misma red al comenzar la transferencia del archivo. Al ser una red de infraestructura, la comunicación entre los dos nodos inalámbricos siempre se hace a través del Access Point. Al moverse el nodo móvil a una nueva red, obtiene su care-of address y se la comunica al Home Agent. Luego, le envía un mensaje al nodo correspondiente para informarle esta dirección con la finalidad de optimizar el ruteo entre ambos. En este esquema, el camino que siguen los paquetes es siempre el mismo sin importar como esta configurado el nodo correspondiente.

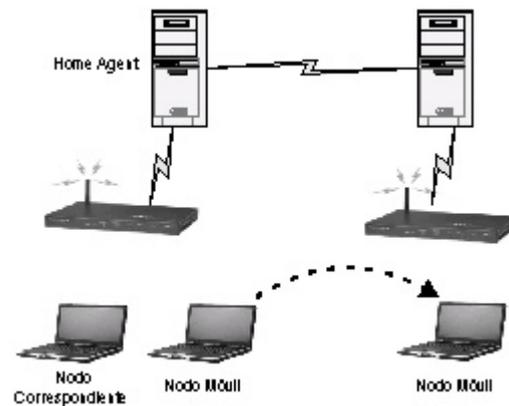


Figura 1

En el segundo esquema, el nodo correspondiente se encuentra en una red distinta a la red del nodo móvil. Este se mueve, después de iniciada la transferencia del archivo, a la misma red que se encuentra el nodo correspondiente. Después que el nodo móvil complete su proceso de binding con el home agent, intentará optimizar el ruteo con el nodo correspondiente. Si éste tiene la capacidad de movilidad habilitada, los paquetes enviados entre ambos nodos no salen de la red. En caso contrario, los paquetes que envía el nodo correspondiente van hasta el home agent, éste los recibe y los reenvía al nodo móvil, que se encuentra en la misma red que el emisor de los paquetes, son vecinos. En este esquema se puede apreciar nítidamente la importancia de optimizar el ruteo para mejorar la eficiencia de la transferencia.

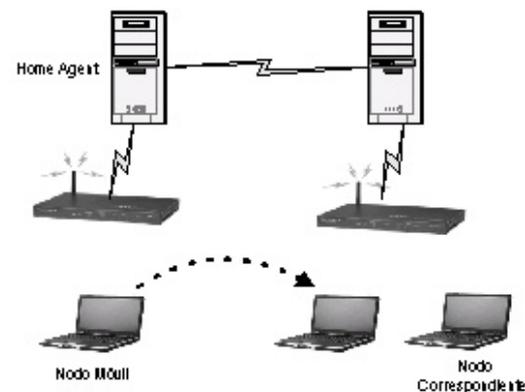


Figura 2

Por último, en el tercer esquema, que se corresponde con la Figura 3, el nodo correspondiente se encuentra en una red diferente al nodo móvil, y éste se mueve a una red distinta a la del nodo correspondiente. En este esquema, también se puede observar lo beneficioso de poder optimizar el ruteo entre ambos nodos. Al desplazarse el nodo móvil y optimizarse el ruteo, el tráfico enviado por el nodo correspondiente deje ser ruteado hacia el home network del nodo móvil y es enviado hacia el otro router.

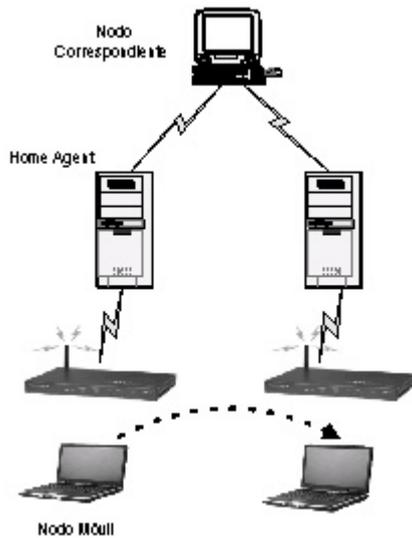


Figura 3

Además de mejorar la performance del protocolo y hacerlo más eficiente, que el nodo correspondiente tenga la capacidad de movilidad habilitada, también hace que el protocolo sea más robusto, ya que todo el tráfico destinado al nodo móvil no tiene que pasar por el home agent. Este podría dejar de funcionar una vez que se optimizó el ruteo entre los nodos, y la comunicación no se cortaría. Pero, si otro nodo quisiera establecer una comunicación con el nodo móvil, utilizando su dirección home address, no podría realizarla porque sería incapaz de establecer la ubicación actual del nodo móvil. Por último, si todo el tráfico enviado al nodo móvil pasa por el home agent, éste se podría transformar en cuello de botella, lo que degradaría el rendimiento de las comunicaciones.

### Conclusiones y trabajos futuros

En la actualidad, Internet es una parte esencial de muchas de nuestras actividades diarias. La posibilidad de movernos sin perder conectividad a nivel IP es la gran ventaja que ofrece la movilidad.

La optimización del ruteo es un proceso sumamente beneficioso. Solo implica el intercambio de dos mensajes entre el nodo móvil y el nodo correspondiente, pero permite que el protocolo funcione en forma mucho más eficiente en todo el intercambio posterior de información. No siempre se puede tener control en la habilitación de la movilidad en un nodo correspondiente, pero en caso que si se lo tenga, debería ser habilitada.

En un futuro próximo, se integrará el protocolo IPSec para aumentar la seguridad en el proceso de binding entre el nodo móvil y el home agent.

Además de analizar la movilidad aplicada a los nodos, se estudiará la movilidad cuando es una red entera la que realiza el proceso. Un ejemplo de este tipo de movilidad sería un avión.

### Referencias

- [1] RFC 2460 – Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification
- [2] RFC 2461 - Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)
- [3] RFC 2462 - IPv6 Stateless Address Autoconfiguration
- [4] RFC 3775 – Mobility support in IPv6
- [5] IEEE 802.11 – Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer Specifications  
MIPL Mobile IPv6 for Linux - <http://www.mobile-ipv6.org/>
- [6] Linux Mobile IPv6 HOWTO – Lars Mars – Abril 2004