

Comparación de ambientes móviles en IP versión 6 para redes avanzadas

J. C. Taffernaberry, M. S. Tobar, G. J. Mercado, J. Noguera, C. F. Perez-Monte, M. I. Robles

{cartaffe, mstobar, gmercado}@frm.utn.edu.ar, {joel.noguera, cristian.perez, ines.robles}@gridtics.frm.utn.edu.ar

GridTICs, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza, Argentina

Coronel Rodriguez 273 (M5502AJE)

Mendoza - Argentina

Resumen. *El uso de redes avanzadas está produciendo cambios importantes en el ámbito de la investigación y la educación, otorgando nuevas herramientas que nos acercan cada vez más a otras comunidades científicas y educativas del planeta. De esta forma, las investigaciones se llevan a cabo entre equipos de trabajo distantes geográficamente. Esto permite una mayor interacción y apoyo entre investigadores, colaboración en investigación científica avanzada, etc. En este trabajo, se presenta una comparativa entre dos distintas alternativas disponibles de movilidad IP en su versión 6. Los estándares evaluados fueron Movilidad IPv6 (MIPv6) y Proxy de Movilidad IPv6 (PMIPv6). En primera instancia, se realizó una comparación del desempeño, ventajas, desventajas, configuración, facilidad de manejo e instalación de las mismas. Posteriormente, se evaluó el comportamiento de MIPv6 y PMIPv6 para casos de handover, ejecutando aplicaciones tradicionales y de tiempo real. Por último, se realizaron las comparativas y se desarrolló una conclusión.*

Palabras clave: Movilidad IP, IPv6, MIPv6, PMIPv6.

Abstract. *The use of advanced networks is generating important changes in research and education fields, providing new tools that bring us closer to other scientific and educational worldwide communities. Thus, investigations are carried out between work teams that are geographically distant. This allows better interaction and support between researchers, advanced scientific research collaboration, etc. In this paper, a comparison between two different IP mobility alternatives available in version 6 is presented. The evaluated standards are Mobility IPv6 (MIPv6) and Proxy Mobility IPv6 (PMIPv6). A comparison of performance, advantages, disadvantages, configuration, ease of handling and installation is made in the first instance. Afterwards the behavior of MIPv6 and PMIPv6 handover is evaluated for traditional and real time applications. Finally, comparisons and a conclusion are made.*

Keywords: IP Mobility, IPv6, MIPv6, PMIPv6.

1 Introducción

Hacia fines del siglo XX se produjo la aparición de Internet, lo cual introdujo cambios en todos los ámbitos de nuestras vidas. Sin embargo, a poco tiempo de su incorporación a la vida cotidiana, se fue sintiendo un vacío e insatisfacción en la comunidad científica, educativa y de investigación. Los avances en infraestructura tecnológica desarrollada por las redes avanzadas fue lo que reinstaló la esperanza en dichas comunidades permitiendo el uso exclusivo de herramientas y aplicaciones para mejorar e incrementar sus actividades.

Hoy, estas redes son conocidas como redes académicas avanzadas o redes de investigación, y su característica principal es que permiten trabajar a la comunidad de investigadores y académicos en lugares geográficamente distantes mediante mecanismos colaborativos, compartiendo información y recursos a través de una serie de redes interconectadas.

Con la reciente aparición de dispositivos móviles utilizando tecnologías inalámbricas [Korhonen13], comenzó a cambiar el modelo de conectividad a Internet con el que se trabaja en el presente. Actualmente, cuando un usuario se desplaza viajando por distintas redes (roaming), cada una de las nuevas redes visitadas por las que pasa le proporciona una dirección IP diferente a la que poseía, por lo que el usuario no puede mantener una sesión de aplicación abierta durante el desplazamiento. El objetivo de Mobile IP [Solomon97] es que se le asigne al

dispositivo móvil del usuario de una única dirección, independientemente de la red en la que se encuentre, permitiendo mantener, por ejemplo, la sesión en las aplicaciones.

Después de 30 años, la versión 4 del protocolo de Internet (IP) ya no puede seguir brindando escalabilidad por el paulatino agotamiento de las direcciones IP disponibles, debido al ritmo actual de crecimiento de nodos en la red [LACNIC14].

El tiempo de vida de IPv4 fue extendido por algunos años gracias a técnicas, tales como reutilización de direcciones con traducción (NAT) [Fall11] y uso de enrutamiento sin clase (CIDR) [4]. En este período IPv6 creció y se estableció definitivamente como sucesor de IPv4.

Algunas características de IPv6 [Loshin04] son: Capacidad de direccionamiento expandida, calidad de servicio (QoS), autoconfiguración (Neighbour Discovery), conectividad end to end, simplificación del formato del encabezamiento y soporte de movilidad.

La conjunción entre redes avanzadas, movilidad e IPv6 forma una herramienta poderosa para cumplir con el objetivo de dar impulso a la investigación colaborativa.

Hay varios ejemplos en el mundo de redes avanzadas que utilizan IPv6, como por ejemplo Internet 2 [Internet214], Geant2 [Geant208] en Europa, Clara [RedClara14] en Latinoamérica. En Argentina, existe la red Innova [InnovaRed14] que da acceso a redes avanzadas a las instituciones nacionales por intermedio de Clara.

Dentro de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de Argentina existe la red RUT2 [Rut214] (Red Universitaria Tecnológica) que conecta a las Facultades Regionales.

En la provincia de Mendoza, existe la iniciativa ACyT Net (Red Académica Científica y Tecnológica de Mendoza) que une, al momento, Conicet Mendoza, INA Instituto Nacional del Agua, CONAE Mendoza y GridTICS de UTN Facultad Regional Mendoza pretendiendo ser la Red Avanzada de las instituciones metropolitanas de la ciudad de Mendoza.

El proyecto SARA-Operation, pretende impulsar esta red, instalando y evaluando aplicaciones competitivas y cooperativas, tales como IPv6, VoIP, Movilidad, calidad de Servicio Clustering, Virtualización, Visualización Distribuida, entre otras.

1.1 Movilidad IP

La movilidad en redes es un concepto por el cual un nodo es capaz de trasladarse de un punto a otro sin perder su conexión actual, es decir, el cambio de red es transparente al usuario.

Los entes principales que participan en una arquitectura móvil son:

- Mobile Node(MN): Dispositivo móvil.
- Home Agent (HA): Dispositivo que gestiona la localización del MN, generalmente es un router y se localiza en la red origen del MN.
- Foreign Agent (FA): Dispositivo que se encuentra en la red visitada y coordina con el HA para proveer movilidad.
- Correspondent Node (CN): Dispositivo fijo o móvil que se comunica con el MN.

Las implementaciones de Movilidad IPv4 y Movilidad IPv6 presentan las siguientes diferencias:

- En Movilidad IPv6 no son necesarios los Foreign Agents. Para ello se usa la auto-configuración de direcciones y el descubrimiento de vecinos, características exclusivas del protocolo IPv6.
- Los paquetes en Movilidad IPv4 desde el HA hasta el MN deben ir encapsulados, y en IPv6 ya no es necesario.
- Movilidad IPv6 evita el routing triangular.
- Movilidad IPv6 no requiere el uso de un FA.

En el resto del trabajo, veremos los siguientes apartados: La Sección 2 se introduce a los dos enfoques que se abarcarán y se da una breve explicación de los mismos. La Sección 3 describe la manera en que se implementó el ambiente de pruebas utilizado para llevar a cabo la experimentación. La forma en que se realizó la experimentación junto con los resultados se encuentra en la Sección 4, y, finalmente, en la última sección, se encuentran las conclusiones alcanzadas.

2 Enfoques abarcados

Existen los siguientes dos enfoques referidos a la administración de redes móviles IPv6.

2.1 Tradicional

La movilidad IPv6 es administrada por los nodos intervinientes de la red, intercambiando mensajes de movilidad entre el MN y el HA. Por lo tanto, el kernel de ambos nodos deben estar preparados para ello. El procedimiento se detalla a continuación:

Un MN puede tener dos direcciones, una local HoA (Home-of-Address) y, en caso de estar en una red foránea, una dirección dinámica CoA (Care-of-Address). Si el mismo se encuentra en su red local, los paquetes seguirán usando las reglas convencionales de routing con su dirección HoA. En el caso de que se encuentre en una red remota, y un CN quiera comunicarse con él, éste utilizará inicialmente su dirección HoA para responder. Estos paquetes son interceptados por el HA, el cual administra una tabla con información vinculando las direcciones HoAs con las CoAs, como así también túneles desde la red local de las HoAs hacia esas redes foráneas de las CoAs. Los paquetes destinados al MN llevan una nueva cabecera IP con la dirección CoA que encapsula la cabecera original con la dirección HoA. En el extremo final del túnel los paquetes son desencapsulados por el MN eliminando la cabecera IP añadida.

2.2 Movilidad Administrada por la Red

Este enfoque, conocido como NETLMM (Network-based Localized Mobility Management) [Kempff07], permite que sea posible implementar movilidad en nodos IPv6 sin involucrar en el envío de mensajes de movilidad a los nodos MN y CN. Esto es una ventaja respecto a movilidad tradicional, ya que no se requieren modificaciones en el software de estos nodos. Este es el caso del protocolo PMIPv6 [Gundavelli08].

Las entidades principales en la infraestructura de NETLMM-PMIPv6 son:

- Local Mobility Anchor (LMA): Es un HA con propiedades de proxy y es responsable de que el MN sea accesible. Topológicamente es el punto de origen (anchor point) para los prefijos de red origen (home network prefix(es)) del MN.
- Mobile Access Gateway (MAG): Generalmente, es un router que administra la movilidad en nombre del MN. Reside en la red local del MN. Es responsable de detectar los movimientos del MN a y desde la red local. Está involucrado en el registro del MN en el LMA.

Puede haber múltiples LMA en un dominio Proxy Mobile, cada uno sirviendo a diferentes grupos de MN.

Desde la perspectiva de cada MN todo el dominio PMIP parece un solo enlace. La red asegura que el MN no detecte ningún cambio con respecto a su capa de red, incluso si cambia su punto de conexión a la red.

3 Implementación

Luego de una comparativa entre distintos Sistemas Operativos libres, se seleccionó GNU/Linux Distribución Fedora Core 14 debido, principalmente, a que el núcleo incluido en esta distribución posee compilado el módulo de movilidad mip6 [Fedora12]. En las versiones actuales del kernel (3.x), es necesario adicionar el módulo y recompilar el kernel. Adicionalmente, fue necesario instalar un servicio en modo usuario para completar el soporte de movilidad IPv6.

Si bien existen varias alternativas de implementaciones del servicio para MIPv6, se seleccionó UMIP [UMIP14], debido al amplio soporte de la misma y sus frecuentes actualizaciones.

Para el servicio PMIPv6, actualmente, existen tres alternativas: OPMIP [OPMIP13], OAI PMIPv6 [OAI13] y UMIP [UMIP13] con parches para soporte PMIPv6. La primera implementación no está muy madura, solo tiene dos años de trabajo. La segunda, OAI PMIPv6, está implementada sobre UMIP, pero tiene requerimientos de hardware específicos, que dificultan y limitan su aplicación. Finalmente, se decidió instalar UMIP y aplicar los parches necesarios que dan soporte a Proxy Mobile.

UMIP no está disponible en el repositorio de la distribución seleccionada, por ello se compiló desde su código fuente.

3.1 Implementación de MIPv6

En el ámbito del proyecto SARA-Operation, se montó un test bed con cinco nodos en la red ACyT Net, como indica la Figura 1. De acuerdo con lo detallado en el apartado 3, se instaló el Sistema Operativo GNU/Linux Distribución Fedora Core 14 en todos los nodos.

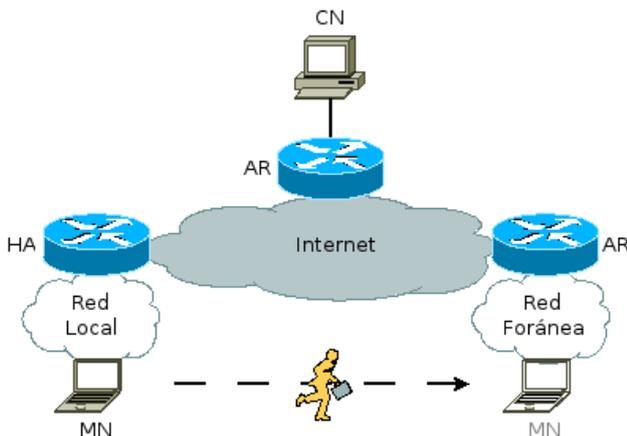


Figura 1. Escenario MIPv6.

Se instaló el servicio UMIP en el MN y HA para ejecución en espacio de usuario. Este servicio administra los túneles y vinculaciones de cada Nodo Móvil. El kernel se encarga del manejo de los encabezados de extensiones específicos de movilidad para IPv6. Para ello hace uso intensivo del framework XFRM [XFRM14], manipulando el encabezado de los paquetes IPv6.

Por último, se planteó una configuración adicional proteger el tráfico utilizando IPsec [Kent05]. Para esto se modificó la configuración del MN y del HA y se

generaron las asociaciones de seguridad en el sistema operativo.

3.2 Implementación de PMIPv6

Se reconfiguró el test bed con MIPv6 en la red ACyT Net, para implementar un dominio PMIPv6, como se observa en la Figura 2.

El sistema operativo del MN y CN, debido a las características de PMIPv6, no fue relevante. La implementación de PMIPv6 elegida fue la de UMIP versión 0.4, la cual necesitó un parche para adquirir las funcionalidades PMIPv6.

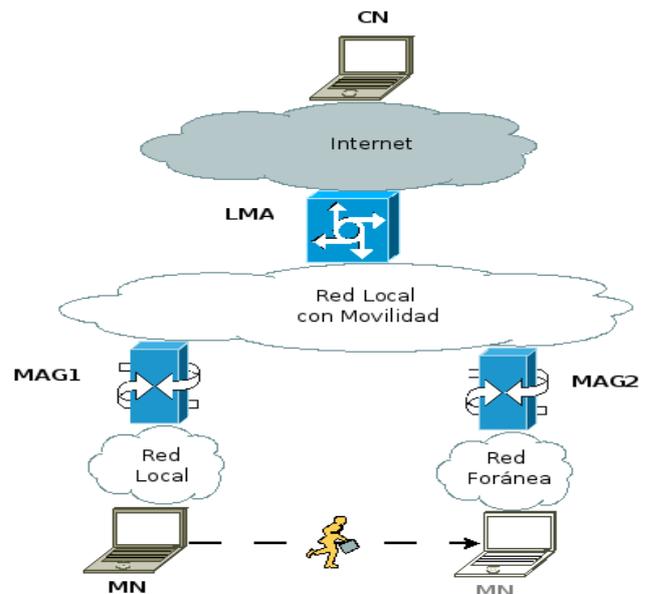


Figura 2. Entorno de pruebas utilizado para PMIPv6.

El equipo utilizado previamente como HA, asumió el rol de LMA, mientras que los routers de acceso cumplieron la función de MAGs. Si bien los nodos MN y CN no sufrieron cambios, fue deshabilitado el servicio UMIP en el MN.

Al igual que en MIPv6, existe un único ejecutable que cumple los distintos roles de PMIPv6 dependiendo del archivo de configuración asociado.

En la configuración del LMA, se observa que la opción NodeConfig es la misma utilizada para configurar el HA en MIPv6. Esto es congruente con lo explicado previamente, con respecto a que en PMIPv6, el LMA es punto de conexión topológico del MN.

```
NodeConfig HA;  
DebugLevel 10;  
LMAInterfaceMAG "eth1";  
UseMnHaIPsec disabled;  
KeyMngMobCapability disabled;
```

En la configuración del MAG, de manera análoga a lo que sucede en la configuración del LMA, la opción NodeConfig es la misma que la utilizada para el MN en

MIPv6. Esto se debe a que en PMIPv6, el MAG representa al MN.

```
NodeConfig MN;
DebugLevel 10;
UseMnHaIPsec disabled;
KeyMngMobCapability disabled;
```

4 Experimentación y Resultados

El ensayo consistió en la ejecución de una aplicación en el nodo móvil y posteriormente, el desplazamiento del mismo desde su red local a la red foránea. Este cambio del punto de conexión a la red disparaba una serie de señalizaciones que desarrollan el handover del nodo móvil.

Las aplicaciones ensayadas fueron ping, FTP, SSH y tráfico en tiempo real.

Como escenario de referencia para una comparativa de las mediciones se utilizó una topología sin movilidad.

4.1 Escenario Sin Movilidad

El escenario de referencia fue implantado en el GridTICS de UTN FRM, como parte integrante de la red ACyT Net. La arquitectura de la red y el plan de numeración se observa en la Figura 3.

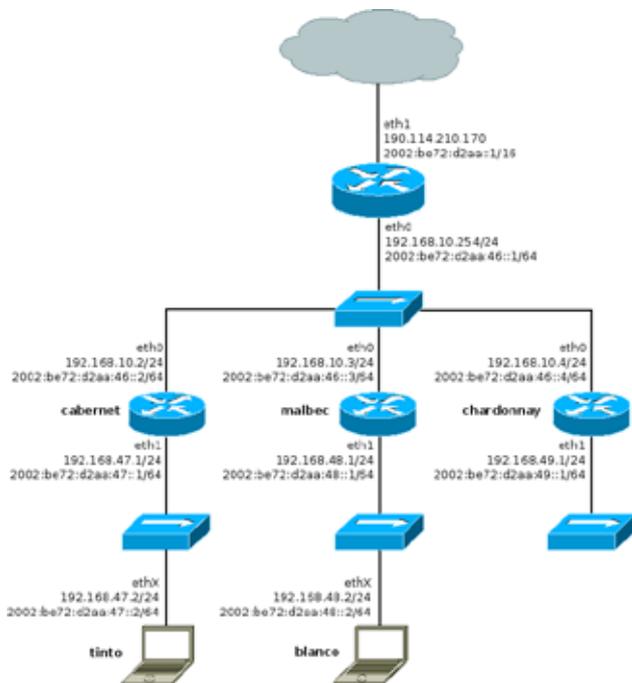


Figura 3. Escenario de referencia.

El diagrama topológico de la conexión tomada como referencia para las mediciones se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Entorno de pruebas utilizado para PMIPv6.

4.2 Escenario MIPv6

En función del test bed de la Figura 1, se desprende el diagrama topológico de la Figura 5. Una vez que el nodo móvil se encuentra en la red foránea. Cuando éste se encuentra en la red local, el diagrama es idéntico al escenario sin movilidad (Figura 4).

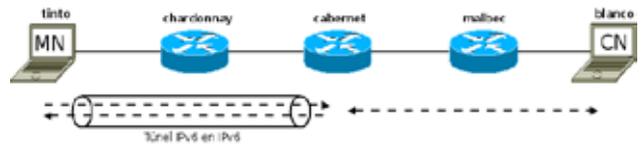


Figura 5. Entorno de pruebas utilizado para MIPv6.

4.3 Escenario PMIPv6

En función de la Figura 2, se puede graficar el diagrama topológico como se indica en la Figura 6. En este protocolo, el diagrama es el mismo cuando el MN está conectado en la red local o en la red foránea.

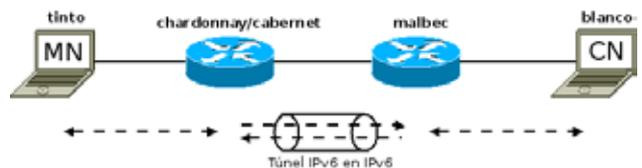


Figura 6. Entorno de pruebas utilizado para PMIPv6.

4.4 Resultados Obtenidos

- Funcionalidad Básica:

Para ambos protocolos de movilidad (MIPv6 y PMIPv6) se realizaron exitosamente ensayos de funcionalidad, conectando el MN a la red local y luego llevándolo a la foránea, sin perder su dirección IPv6 ni las conexiones establecidas.

- Capacidad del canal:

En esta comparativa, se observa la capacidad del canal o ancho de banda disponible para transmisión y recepción de datos en MIPv6 y PMIPv6 en relación con un escenario sin movilidad tomado como referencia. Para ello fue utilizada la herramienta Iperf [Iperf14], con un tiempo por prueba de 10 Segundos, variando la cantidad de clientes simultáneos entre 1, 2 y 10 y midiendo la capacidad en ambos sentidos. Una comparativa entre los distintos escenarios se observa en la Figura 7.

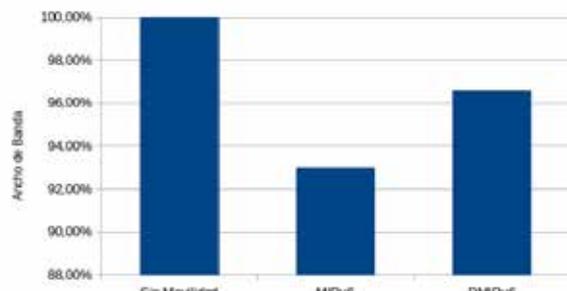


Figura 7. Comparación ancho de banda.

- Análisis de RTT. Impacto de IPsec

En este ensayo, se evalúa mediante la herramienta ping el tiempo promedio que tarda un paquete en ir desde el MN hasta el CN. La prueba se realiza para tamaños de paquete de 56 Bytes, 512 Bytes y 1024 Bytes, siempre utilizando la opción -f (flooding).

Como se puede suponer, el menor tiempo está dado por la prueba sin movilidad. Con un tiempo levemente superior se encuentra el ensayo utilizando el protocolo PMIPv6, lo cual es provocado debido a los túneles utilizados. A continuación se ubica MIPv6, con un tiempo considerablemente mayor, generado obviamente por el routing triangular de este protocolo. Por último, se puede observar que la medición de RTT para MIPv6 utilizando IPSec, la cual resulta fuertemente afectada por el procesamiento de los algoritmos del protocolo de seguridad.

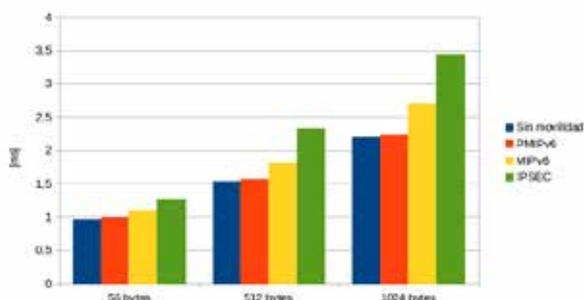


Figura 8. Comparación RTT.

- Tiempo de handover:

Con respecto a la medición del tiempo de handover, se deben realizar varias consideraciones, ya que este tiempo depende de muchas variables que no están relacionadas con el protocolo de movilidad utilizado [Narten07][Dunmore04][Modares14][Zohra14].

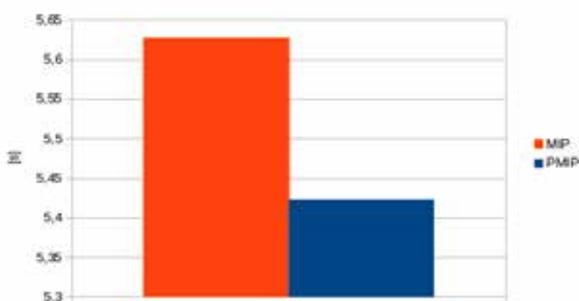


Figura 9. Comparación Handover

En esta comparativa se evalúa el tiempo de handover en los dos escenarios. Como podemos ver en la Figura 9 el tiempo es relativamente inferior en PMIPv6 frente a MIPv6. Esto es debido a que en el primero, el manejo de la reconexión no es realizado por los nodos, sino por el LMA y los MAG, desentendiendo a los nodos de esta tarea.

5 Conclusiones

En cuanto a la funcionalidad, podemos concluir que las implementaciones de ambos protocolos se comportaron adecuadamente. Igualmente, PMIPv6 permitió la

utilización como MN de cualquier nodo que implemente solo el stack IPv6 sin las extensiones de movilidad. Esto permite una mayor diversidad de dispositivos móviles en el rol de MN; en especial aquellos que no permiten la modificación de su software de base, tales como smart phones, tablets, notebooks con sistemas operativos propietarios, etc.

Con respecto al desempeño, MIPv6 es superior en los casos que el MN está en la HN debido a que PMIPv6 siempre trafica los datos dentro de túneles "IPv6 in IPv6". Para el caso que el MN no esté en la red local, el desempeño es levemente superior para PMIPv6.

El aspecto de seguridad no pudo ser comparado ya que la implementación de PMIPv6 no está disponible la posibilidad de enviar la señalización encriptada.

Las mediciones de handover arrojaron un tiempo menor para PMIPv6 al cambiar de una red a otra, aclarando que en ambos protocolos no se pierde la sesión para los ensayos de aplicaciones que utilizan TCP.

Finalmente, es evidente que son protocolos para aplicaciones bien diferenciadas. Por un lado, MIPv6 garantiza accesibilidad global, sacrificando velocidad de handover y requiriendo un MN modificado. Por el otro, PMIPv6 ofrece velocidad de handover, limitando la movilidad del MN solo a redes con este servicio.

Agradecimientos

El trabajo fue realizado en el marco del proyecto 25/J084 SARA-Operation con financiamiento de la Universidad Tecnológica Nacional y del programa de Incentivos a Docentes Investigadores del Ministerio de Educación. El Sr. Cristian Pérez ha recibido una beca doctoral, el Sr Sebastián Tobar ha recibido una beca BINID de graduados y el Sr Joel Noguera ha recibido una beca de alumno. Todas las becas otorgadas por la Universidad Tecnológica Nacional.

Referencias bibliográficas

- [Dunmore04] Martin Dunmore, Theo Pagtzis, Mobile IPv6 Handovers: Performance Analysis and Evaluation, 2004
- [Fall11] Fall, K. Stevens, R. "TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols" 2nd. Edition. 2011, ISBN 978-0321336316
- [Fedora12] Fedora Project: la evolución del código abierto <http://es.redhat.com/resourcelibrary/articles/the-fedora-project-open-source-evolved> - 2012
- [Geant208] The high-bandwidth, academic Internet serving Europe's research and education community, 2008 <http://www.geant2.net>
- [Gundavelli08] Gundavelli, S. Leung, K. RFC 5213 "Proxy Mobile IPv6", August 2008 - <http://tools.ietf.org/html/rfc5213>.
- [InnovaRed14] Red Nacional de Investigación y Educación Argentina, 2014 <http://www.innova-red.net>
- [Internet214] Internet2, 2014 <http://www.internet2.edu>
- [Iperf14] Iperf - <https://iperf.fr/> - 2014

- [Kempf07] Kempf, J. RFC 4831 "Goals for Network-Based Localized Mobility Management (NETLMM)", April 2007 - <http://tools.ietf.org/html/rfc4831>.
- [Kent05] Kent, S. Seo, K. RFC 4301 "Security Architecture for the Internet Protocol", December 2005 - <http://tools.ietf.org/html/rfc4301>
- [Korhonen13] Korhonen, J., Savolainen, T. and Soinen, J. IPv6 in 3GPP Networks, in Deploying IPv6 in 3GPP Networks: Evolving Mobile Broadband from 2G to LTE and Beyond, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2013 UK. doi: 10.1002/9781118398333.
- [LACNIC14] Informe LACNIC, "Distribuciones/Asignaciones IPv4, espacio disponible y pronósticos" - <http://www.lacnic.net/web/lacnic/reporte-direcciones-ipv4> - 2014
- [Loshin04] Loshin, P. "IPv6: Theory, Protocol and Practice", Morgan Kaufmann, Segunda Edición, 2004, ISBN 1-55860-810-9.
- [Modares14] Modares, H. Moravejosharieh, A. Lloret, J. Salleh, R.B. - A Survey on Proxy Mobile IPv6 Handover – IEEE Systems Journal – 2014
- [Narten07] Narten, T. Nordmark, E. Simpson, W. Soliman, H. RFC 4861 "Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6)" September 2007 - <http://tools.ietf.org/html/rfc4861>
- [OAI13] OAI - <http://www.openairinterface.org/> -2013
- [OPMIP13] OPMIP - <http://helios.av.it.pt/projects/opmip> - 2013
- [RedClara14] Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas, 2014 <http://www.redclara.net>
- [Rut214] Red Universitaria Tecnológica 2, 2014 <http://www.utn.edu.ar/virtual/rut/index.html>
- [Solomon97] Solomon, J. "Mobile IP: The Internet Unplugged" 1st. Edition. 1997 , ISBN: 978-0138562465
- [UMIP13] "How to use our set of PMIPv6 patches" - <http://www.umip.org/contrib/umip-pmipv6.html#config> - 2013
- [UMIP14] Umip Source Code <http://git.umip.org/> - 2014
- [XFRM14] "Framework XFRM" - <http://git.kernel.org/cgit/linux/kernel/git/shemminger/proute2.git/> - 2014
- [Zohra14] Zohra, F. Azam, S. Rahman, M. - Overview of IPv6 Mobility Management Protocols and their Handover Performances - International Journal of Computer Science and Engineering – 2014