

# PROYECTO

## PMIP6: Análisis, Evaluación y Comparación de ambientes Proxy Mobile IP en versión 6, aplicado a Redes de Avanzada

C. Taffernaberry\*, G. Mercado\*, S. Tobar\*, C. Pérez Monte\*, P. Clérigo\*,  
I. Robles\*, M. Orbiscay<sup>§</sup>, S. Pérez\*, R. Moralejo\*

\*gridTICS – Grupo UTN de I&D en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones  
Departamento de Electrónica - UTN Facultad Regional Mendoza  
Rodríguez 273, Capital - Mendoza  
{carlos.taffernaberry, gustavo.mercado}@gridtics.frm.utn.edu.ar

<sup>§</sup> Centro Científico Tecnológico de Mendoza  
CONICET  
Av. Dr Ruiz Leal S/N, Capital - Mendoza  
morbis@lab.cricyt.edu.ar

### 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 mundo. 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.

Por otro lado, el modelo de conectividad a Internet está evolucionando rápidamente hacia un enfoque basado en la movilidad de los usuarios gracias a la aparición de nuevos dispositivos portátiles y a la cada vez más extensa cobertura de las redes de acceso. El objetivo es que los usuarios puedan ser siempre alcanzables, por terceros, de manera transparente y con independencia de la red en la que se encuentren. Sin embargo, aunque los protocolos de movilidad están estandarizados desde hace tiempo, aún quedan algunos aspectos que es necesario resolver para permitir el despliegue a gran escala del servicio de movilidad.

En este sentido, del abordaje de las nuevas herramientas tecnológicas, la importancia del presente proyecto radica en que permitirá, para Redes de Avanzada, Analizar, Evaluar y Comparar distintas alternativas de movilidad IP en su versión 6.

Se detalla a continuación un resumen de las tareas principales que se realizarán utilizando la red Académica Avanzada SARA Six:

El DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN de IPv6 .

El ESTUDIO e IMPLEMENTACIÓN de movilidad IPv6 (MIP6).

El ESTUDIO e IMPLEMENTACIÓN de Proxy de Movilidad IPv6 (PMIP6).

El ENSAYO y COMPARACIÓN de ambos protocolos, para aplicaciones tradicionales y en tiempo real.

La CAPACITACIÓN y la DIFUSIÓN para ayudar a la comunidad Académica, científica y educativa regional a comprender y utilizar las nuevas tecnología, en especial la de movilidad.

### Palabras Clave

IPV6, Movilidad IP, MIPv6, Proxy Mobile, PMIPv6, Protocolos IP

### Contexto

El presente proyecto es la continuación de varios proyectos desarrollados anteriormente en el GridTICS de la temática IPv6 y está incluido en uno de mayor alcance llamado 25/J069 "SARA Six: análisis, implementación y evaluación de Servicios competitivos Aplicados a Red de Avanzada experimental de la región". Recibe financiamiento por parte de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UTN y de la FRM. El proyecto tiene soporte de la ACyT Net (Red Académica, Científica y Tecnológica) en la provincia de Mendoza. El proyecto consta con un participante del CCT CONICET Mendoza que realiza su trabajo de especialización en la Carrera de Postgrado de Especialización en Redes de Datos UTN FRM

### Introducción

La revolución del siglo XX produjo la aparición de Internet, la cual introdujo cambios en todos los estados de nuestras vidas. Sin embargo, a poco tiempo de su incorporación en nuestro quehacer, se fue sintiendo un vacío e insatisfacción en la comunidad científica y educativa, en la academia y en la investigación. La solución casi no tardó, y fueron los avances en infraestructura tecnológica desarrollados por las redes avanzadas lo que reinstaló la esperanza en las comunidades de investigación, científicas y académicas, pues pusieron a su disposición a través de una gran infraestructura tecnológica condiciones de uso casi en exclusividad de herramientas y aplicaciones que les permitieron el desarrollo e incremento de sus actividades, lo que era insostenible a partir de la Internet comercial. [1] 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 mediante mecanismos (herramientas o aplicaciones) de colaboración, para compartir información y recursos a través de una serie de redes interconectadas.

Utilizando las herramientas y aplicaciones desarrolladas en las redes académicas avanzadas se dio un fuerte impulso a la investigación y a la educación, y los investigadores y académicos llevan a cabo un sin número de proyectos afines que están en la frontera del conocimiento, y que han sido posible gracias a la rápida evolución de las tecnologías de telecomunicación, particularmente, las de intercambio y comunicación de datos. [2]

En este contexto se desarrollan y mejoran métodos de trabajo e investigación que refuerzan la colaboración entre equipos, técnicos, académicos y científicos, ubicados en lugares dispersos geográficamente. Desde las videoconferencias de alta calidad, combinadas con herramientas que generan espacios virtuales comunes de trabajo, hasta la formación de Mallas (Grid) que conforman centros, institutos virtuales de investigación, en los cuales se construyen y combinan nuevas formas de hacer investigación, ciencia, tecnología, arte y educación que permiten reinventar cada día el conocimiento del futuro.

Por otro lado, recientemente han empezado a aparecer todo tipo de dispositivos de red que permiten al usuario estar conectado a Internet en cualquier lugar gracias a las tecnologías inalámbricas. No solamente PCs portátiles sino también PDAs, consolas de juegos, e incluso recientemente teléfonos móviles celulares y muchos más que son difíciles de visionar en el presente. [3]

Estos dispositivos van a empezar 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 en la red anterior de la que proviene, por lo que el usuario no puede mantener una sesión de aplicación abierta durante el desplazamiento. Esto significa por ejemplo, que si el usuario tenía una conversación con otro usuario mediante voz sobre IP (VoIP), dicha conversación se interrumpirá en el momento en que el usuario móvil realice el cambio de red [4]. El objetivo de Mobile IP es que se le asigne al dispositivo móvil del usuario un única dirección, independientemente de la red en la que se encuentre, permitiendo mantener la sesión de aplicación.

Después de 30 años, la versión 4 del protocolo de Internet (IP) ya no sigue brindando respuestas adecuadas, sobretodo en cuanto al agotamiento de las direcciones IP disponibles, un proceso que está culminado en estos años, debido al ritmo actual de crecimiento de la red.

Ante el enorme crecimiento de usuarios de Internet, que hoy tienen exigencias distintas a las de hace unos años, las poco más de cuatro mil millones de direcciones en todo el mundo que posibilita el IPv4 se han vuelto insuficientes. El tiempo de vida de IPv4 fue extendido por años gracias a técnicas tales como reutilización de direcciones con traducción (NAT) y uso temporal de asignaciones (CIDR); este fue el periodo necesario para que IPv6, sucesor de la versión 4, crezca y se establezca definitivamente.

Finalmente en 1992 la Internet Engineering Task Force

(IETF), que desarrolla los protocolos estándar para Internet, convocó a la comunidad de investigadores a estudiar alternativas para el IPv4. El resultado llegó en 1995 y se llamó IPv6 (Internet Protocol versión 6). Si bien por estos días IPv6 es especialmente atractivo para los pioneros en los sectores de redes inalámbricas, de juegos, de uso doméstico, redes de investigación nacional conectadas a nivel mundial, organismos militares y gobierno, una vez estandarizado, entre 2005 y 2008, ofrecerá importantes beneficios a las empresas. Por su parte, los proveedores de servicios Internet (ISPs) móviles, locales y regionales ya están evaluando los productos y plataformas derivados de la tecnología IPv6, para que se puedan comercializar en un futuro inmediato. Algunas características de IPv6 son [5]:

- Capacidad de direccionamiento expandida: en IPv6, las direcciones se componen de 16 octetos (8 bits de la forma 00001111), es decir, 128 bits. Esto da lugar a  $2^{128}$  (340 sextillones) de direcciones IP. Para apreciar la magnitud de esta cifra, puede decirse que equivale a 1,1 mol de direcciones por cada metro cuadrado de superficie terrestre (1 mol = 602000 trillones, el llamado Número de Avogadro). Si cada una ocupara 1 mm<sup>3</sup>, el espacio de direcciones IPv6 tendría el volumen de un cubo de 6,98 millones de km de arista, 547 veces el diámetro ecuatorial de la Tierra. La población mundial actual (6000 millones de habitantes) tardaría 1798 trillones de años en contar esta cantidad de direcciones a razón de una por segundo.

- Calidad de servicio (QoS): IPv6 puede diferenciar los paquetes de datos como pertenecientes a un flujo particular, y así otorgar un ancho de banda en función de cada necesidad, ya sea para correo electrónico, comunicaciones de voz o videoconferencia.

- Capacidades de autenticación y privacidad: IPv6 emplea como parte integral el entorno de seguridad IPSec, que no está implementado en los hosts del IPv4 en forma nativa. [6]

- Autoconfigurable (Neighbour Discovery): en IPv6 los nodos no necesitan ser configurados manualmente.

- End to end: IPv6 no usa NAT ya que tiene direcciones globales para todos los nodos. Así, éstos pueden reenviar cada paquete sin alterar su contenido.

- Simplificación del formato del encabezamiento: Es más sencillo y su tamaño es fijo. Se han suprimido campos como el checksum, ToS y fragmentación, y agregado uno para identificar flujos de datos. Las funciones de los campos eliminados se logran con encabezados de extensión, que permiten incorporar nuevas características al protocolo, como IPSec o movilidad.

- Soporte de Movilidad IP 6: A diferencia de IPv4 móvil, IPv6 Móvil (MIPv6) evita el ruteo triangular y por lo tanto es tan eficiente como el IPv6 normal. Los routers IPv6 pueden soportar también Movilidad de Red. [7]

Ahora es tiempo de admitir que se ha agotado el tiempo de IPv4 y que el despliegue de IPv6 se hace imprescindible. En el país son varias las instituciones que han adoptado IPv6 para sus redes, aunque por ahora en forma experimental.

La conjunción entre Redes Avanzadas, IPv6 y Movilidad forma una herramienta poderosa y a la vez simple para

cumplir con el objetivo de dar impulso a la investigación colaborativa.

Hay varios ejemplos en el mundo de Redes Avanzadas centradas en IPv6 desde la red de avanzada por excelencia como Internet 2 [8] en Estados Unidos, pasando por la red europea Geant2 [9] y la asiática APAN [10]. Como así también en Latinoamérica tales como, Clara [11], RNP de Brasil [12], CUDI de Méjico [13] y Reuna de Chile [14].

En nuestro país existe la red Innova [15] que da acceso a redes avanzadas a las instituciones nacionales por intermedio de Clara.

Dentro de la UTN existe la red RUT2 (Red Universitaria Tecnológica) que conecta a las Facultades Regionales.

Sin embargo en nuestro país no están desarrolladas las redes metropolitanas/provinciales como en Brasil. La red Redecomep es una iniciativa del Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil (MCT), coordinada por Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), que tiene como objetivo implementar redes de alta velocidad en regiones metropolitanas del país servidas por los Puntos de Presencia de RNP.

En Mendoza existe la iniciativa ACyT Net (Red Académica Científica y Tecnológica de Mendoza) que une, al momento, el Conicet Mendoza, el Instituto Regional del INA y el GridTICS de la UTN FRM.

Esta red, que pretende ser la interconexión de avanzada de las instituciones metropolitanas de Mendoza, está en fase de desarrollo.

El proyecto SARA-Six, pretende impulsar esta red, instalando y evaluando aplicaciones competitivas y cooperativas, tales como IPv6, VoIP, Movilidad, calidad de Servicio Clustering, Virtualización entre otras. Por su parte el presente proyecto "SARA PMIP6" se enfocará en implementar y evaluar las alternativas de Movilidad de la red mencionada.

## **Movilidad IP**

La movilidad en redes [16] 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.
- Foreign Agent (FA): Dispositivo que se encuentra en la red visitada y coordina con el HA para proveer movilidad.
- Corresponde Node (CN): Dispositivo fijo o móvil que se comunica con el MN.

Los principales problemas de Mobile IPv4 son:

- Se requiere un pool de direcciones por cada Foreign Agent (Carente de direcciones).
- El problema es el mismo cuando se trata de portabilidad (IPv4) y servidores DHCP.
- El triangle routing es ineficiente.
- Problemas con los Firewalls.
- Genera una excesiva señalización.
- El tiempo de handoff degrada la comunicación.

## **Movilidad IPv6**

Movilidad IPv6 [17] es similar a Movilidad IPv4, pero es más eficiente. El propio protocolo IPv6 trae muchas opciones que se utilizan para Movilidad IP. Una de las diferencias es que en Movilidad IPv6 no son necesarios los Foreign Agents, para ello se usa la auto configuración de direcciones y el descubrimiento de "vecinos". Los paquetes en Movilidad IPv4 desde el Home Agent hasta el Mobile Node deben ir encapsulados, y en IPv6 ya no es necesario. La movilidad IPv6 evita el triangle Routing.

Tradicionalmente la movilidad es administrada por los nodos intervinientes, utilizando el stack del MN (Mobile Node) y el intercambio de mensajes entre el MN, HA (Home Agent). Por lo tanto los nodos deben estar preparados para ello. El procedimiento se detalla a continuación. Un nodo móvil puede tener dos direcciones, una permanente (home) y una dirección dinámica (care-of address). Si el nodo móvil se encuentra en su red local actúa como nodo fijo y los paquetes seguirán las reglas convencionales. En el caso de que se encuentre en una red foránea, un nodo (CN) que quiere comunicarse con el nodo móvil usa la dirección inicial (home) del nodo móvil para enviarle paquetes. Estos paquetes son interceptados por el HA (home), el cual usa una tabla y túneles. Los paquetes con destino al nodo móvil llevan una nueva cabecera IP con la dirección care-of address(CoA) que encapsula la cabecera original con la dirección original. Los paquetes son desencapsulados en el extremo final del túnel para eliminar la cabecera IP añadida y así entregarlo al nodo móvil.

MIPv6 (Mobile IP versión 6) provee movilidad global en IPv6, sin embargo, los tiempos de handover son demasiado altos para muchas aplicaciones. Por este motivo aparecen distintos protocolos que apuntan principalmente a proveer movilidad localizada, definiendo regiones de movilidad dentro de un grupo de redes, WLAN generalmente. A continuación se describen algunos de estos protocolos:

## **FMIPv6**

Fast handover para MIPv6 (FMIPv6) [18] propone dos mecanismos para reducir la degradación del servicio durante el movimiento del MN (Mobile Node), fast handover predictivo y reactivo. El modo reactivo se apoya en la capa de enlace para realizar fast handovers. Por otro lado, el modo predictivo es independiente de la tecnología de capa dos. Cuando el MN encuentra un nuevo punto de acceso a la red (New Access Router NAR), envía un mensaje RtSolPr (Router Solicitation for Proxy) al AR previo (PAR) con el identificador del NAR. Luego, el MN formula una nueva CoA (NCoA) basada en la ID de su interfaz y el prefijo asociado del PAR. Para reducir la latencia del binding update (BU), FMIPv6 establece un túnel entre PAR y NAR.

## **FMIPv6 con bicasting**

FMIPv6 con bicasting [19] mejora los mecanismos de handover anticipando la obtención y registro de la dirección futura del MN (Mobile Node), utilizando interacción entre capa dos y capa tres. luego, envía

información duplicada a la vieja y nueva CoA (Care of Address) del MN. Esto permite al MN recibir datos inmediatamente después de realizar el handover de capa dos y elimina la latencia de handover en capa tres. Fast MIPv6 con bicasting incorpora mensajes de capa tres adicionales, para usar entre el AR (Access Router) y el MN: RtSolPr, PrRtAdv, FBU, FBUack HI y Hack.

Eurecom soft handover

### **HMIPv6**

En Hierarchical Mobile IPv6 [20], la idea de manejo de movilidad se apoya en el Mobility Anchor Point (MAP). El MAP realiza las mismas operaciones que el Home Agent (HA) en MIPv6. La funcionalidad de LCoA es similar a la CoA en MIPv6, mientras que la CoA regional (RCoA) representa al HA virtual en el dominio HMIPv6. Mientras el MN se mueva dentro del mismo dominio administrativo, la RCoA se mantiene constante. Para lograr este objetivo, el MAP utiliza un Proxy Neighbor Advertisement para sincronizar el mapeo entre RCoA y LCoA.

### **NETLMM - PMIPv6**

Movilidad administrada [21] por la red (NETLMM) es un enfoque novedoso, que permite que sea posible implementar Mobile IPv6 en nodos sin involucrar el envío de mensajes entre un nodo de red y el HA. Con esto el MN no participa en el intercambio de mensajes entre el mismo y el HA. Este es el caso del protocolo PMIPv6, en el cual un proxy mobility agent, ejecuta la señalización correspondiente con el HA y administra la movilidad en nombre del MN.

Las entidades principales en la infraestructura de NETLMM-PMIPv6 son el Local Mobility Anchor (LMA), y el Mobile Access Gateway (MAG). El LMA (HA con propiedades de proxy) es responsable de que el MN sea accesible y topológicamente es el punto de origen (anchor point) para los prefijos de red origen (home network prefix(es)) del MN. El MAG (generalmente es un router) es el que ejecuta la administración de movilidad en nombre del MN. Y reside sobre el access link donde el MN es enlazado. El MAG es responsable de detectar los movimientos del MN a y desde el access link, involucrando además en la inicialización de la registración del proceso de binding al LMA del MN.

Puede haber múltiples LMA en un dominio Proxy Mobile IPv6, cada uno sirviendo a diferentes grupo de MN. Cuando un MN entra a un dominio PMIPv6, y es enlazado a un access link, el MAG (perteneciente a ese access link), después de identificar el MN y autenticar su identidad, determinará si el MN está autorizado para recibir servicio de PMIP.

Si la red determina que el MN está autorizado para el servicio, garantiza que el MN obtenga su dirección y se mueva a cualquier lugar del dominio. La dirección(es) obtenida(s) incluye la dirección(es) de su prefijo de red origen (home network prefix(es)), la dirección de su default router sobre el link y otros parámetros relativos a la configuración.

Desde la perspectiva de cada MN, todo el dominio PMIP parece un simple link, la red asegura que el MN no detecta ningún cambio con respecto a su capa de red, incluso si cambia su punto de enlace en la red.

El MN puede ser IPv4, IPv6 o Ipv4/v6. Por lo que el MN podrá obtener una dirección ipv4, ipv6 o dual ipv4/ipv6 y moverse a cualquier lugar de la red del dominio.

Para finalizar podemos decir que movilidad IP es un tema aun en investigación y crecimiento, por lo cual decidimos seguir esta línea de desarrollo.

## **Líneas de investigación y desarrollo**

El grupo grid TICS tiene una amplia experiencia en la temática de IPv6, habiendo realizado proyectos homologados como: 25/J042 "CODAREC6: AN IPV6 TEST BED - Laboratorio de Estudio, Diseño, Desarrollo, Implementación, Ensayo y Capacitación del Protocolo de Internet Versión 6", 25/J052 "CODAREC6 INTRANET Diseño y simulación de la implementación de tecnologías y procedimientos de transición del protocolo IPv6 en INTRANETS usando el `ipv6 test bed` y CONVICTPROM06 "Análisis, Evaluación y Comparación de Métodos de Transición del protocolo IPv4 al protocolo IPv6 usando el CODAREC6 Test Bed." El grupo ha realizado publicaciones [22], presentación en congresos [23, 24, 25], cursos de postgrado [26 y 27] y asistencia a tesinas de grado y tesis de postgrado [28].

## **Resultados y Objetivos**

### **Objetivo principal**

Analizar y Evaluar ambientes Mobile IP y Proxy Mobile IP en versión 6, aplicados a redes de avanzada.

### **Actividades**

1. Estudiar el protocolo de Movilidad IPv6 (MIPv6) y Proxy de Movilidad IPv6 (PMIPv6).  
- Para lograr este objetivo primero se debe recabar información y bibliografía actualizada sobre la temática. Se realizan presentaciones grupales de actualización y homogenización de conocimientos.
2. Implementar Ipv6 en red de avanzada SARA Six.  
Se deberá realizar el relevamiento de las distintas redes que componen SARA Six. Se realizará la determinación del plan de numeración, definición de los protocolos de enrutamiento e implementación de los mismos. Finalmente se deberá verificar el funcionamiento correcto de la red, utilizando herramientas de monitoreo.
3. Diseñar e Implementar MIPV6 en la red SARA Six  
Se debe estudiar con detalle el protocolos de movilidad IP v6 (MIP6), para luego seleccionar los sistemas operativos que tengan soporte del mismo. Posteriormente se debe implementar el stack de movilidad en los MN (Mobile Node) y en los HA (Home Agent) dentro del ámbito de la red de avanzada SARA Six. A continuación se debe poner en marcha y evaluar el correcto desempeño de la funcionalidad de movilidad en red de avanzada SARA Six
4. Diseñar e Implementar PMIPV6 en la red SARA Six  
Para lograr el objetivo primero se debe estudiar con detalle el protocolo proxy de movilidad IP v6 (PMIP6),

para luego seleccionar los sistemas operativos que tengan soporte del mismo. Posteriormente se debe implementar el stack Proxy de movilidad en la red de avanzada SARA Six. A continuación se debe poner en marcha y evaluar el correcto desempeño de la funcionalidad de proxy de movilidad en red de avanzada SARA Six

5. Evaluar la performance, ventajas, desventajas, facilidad de manejo, configuración, instalación, etc de ambos protocolos.

Con la experiencia obtenida en los dos puntos anteriores, confeccionar un cuadro comparativo de las dos técnicas que permiten implementar movilidad.

6. Evaluar el comportamiento de Mip6 y Pmip6 para casos de handover, ejecutando aplicaciones tradicionales.

Para la Evaluación de handover para aplicaciones tradicionales, se utilizarán preferentemente dispositivos móviles. En los mismos se ejecutarán aplicaciones tradicionales, como clientes HTTP, clientes SMTP, clientes FTP, etc. También se ejecutarán herramientas de monitoreo de red y medición de handover

Se desplazará el usuario con el dispositivo móvil hasta otra red de la SARA Six, evaluando la usabilidad de las aplicaciones que ejecutaba, como así también los resultados de la herramienta de monitoreo de red y medición de handover. Finalmente se realizará tablas y gráficos con los resultados obtenidos.

7. Evaluar el comportamiento de Mip6 y Pmip6 para casos de handover, ejecutando aplicaciones de real time.

Para la Evaluación de handover para aplicaciones de real time se utilizarán preferentemente dispositivos móviles. En los mismos se ejecutarán aplicaciones de tiempo real, como videoconferencias, llamadas telefónicas VOip, etc. También se ejecutarán herramientas de monitoreo de red y medición de handover. Se desplazará el usuario con el dispositivo móvil hasta otra red de la SARA Six, evaluando la usabilidad de las aplicaciones que ejecutaba, como así también los resultados de la herramienta de monitoreo de red y medición de handover. Finalmente se realizará tablas y gráficos con los resultados obtenidos.

## Formación de Recursos Humanos

Este proyecto de investigación posibilita la colaboración inter-institucional y la ejecución de proyectos conjunto entre grupos I+D y por lo tanto formar recursos humanos para la proyección académica, científica e industrial de los temas tratados.

En el proyecto participan 1 doctorando con beca de UNSL, dos profesionales realizando su trabajo de postgrado de la Especialización en Redes de Datos (UTN-FRM), tres investigadores graduados con becas BINID UTN y un becario alumno con beca UTN

## Referencias

[1] D. Comer. *Redes Globales de Información con Internet y TCP/IP*. Pearson PH, tercera edición, 1996.  
[2] G. Olson, A. Zimmerman and N. Bos. *Scientific Collaboration on the Internet*. The MIT Press. Nov 08.  
[3] J. E. Katz, & M. Aakhus (Eds.). *Perpetual contact: mobile communication, private talk, public performance*. Cambridge University Press. 2002. ISBN: 0-521-80771-9

[4] B. Thompson, J. Fogli, M. Ritter, "Mobile VOIP Competitive Landscape" www.onworld.com. Feb 2005.  
[5] R. Hinden, S. Deering, "IP Version 6 Addressing Architecture", IETF RFC 4291, February 2006.  
[6] J. Loughney, "IPv6 Node Requirements", IETF RFC 4294, April 2006.  
[7] C. Perkins, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", IETF RCF 3775, June 2004.  
[8] Internet 2 www.internet2.edu  
[9] GEANT www.geant2.net  
[10] Asia-Pacific Advanced Network Consortium www.apan.net  
[11] Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas - www.clara.net  
[12] Rede Nacional de Ensino e Pesquisa - www.rnp.br  
[13] Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet www.cudi.edu.mx  
[14] Red Universitaria Nacional - www.reuna.cl  
[15] INNOVARED www.innovared.net  
[16] C. Perkins, Ed. "IP Mobility Support for IPv4" RFC 3344 August 2002  
[17] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko "Mobility Support in IPv6", RFC 3775, June 2004  
[18] R. Koodli, "Fast Handover for Mobile IPv6," IETF RFC 4068, July 2005.  
[19] Ki-Sik Kong, Wonjun Lee, You-Hee Han, Myung-Ki Shin, Heungryeol You, "Mobile IPv6 vs. Proxy Mobile IPv6" IEEE Wireless Communications, April 2008  
[20] H. Soliman, C. Castelluccia, K. E. Malki, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)," IETF RFC 4140, Aug. 2005.  
[21] S. Gundavelli, Ed. "Proxy Mobile IPv6", RFC 5213, August 2008  
[22] H. Francisconi, "IPsec en Ambientes IPv4 e IPv6", 1era Ed (Ver 1.0) ISBN 987-43-9727-6, Agosto 2005  
[23] C. Taffernaberry, G. Mercado, C. Perez, S. Tobar, "Análisis, Evaluación y Comparación de Métodos de Transición del protocolo IPv4 al protocolo IPv6", CATIC 2010, Oct 2010 Buenos Aires.  
[24] C. Taffernaberry, G. Mercado, C. Pérez, R. Moralejo, S. Pérez, S. Tobar, "PROX6: Implementación de un Application Layer Gateway (ALG) para transición hacia redes IPv6". ISBN 978-950-42-0121-2, EnIDI 2009. Nov 2009 Mendoza.  
[25] G. Mercado, C. Taffernaberry, F. Fucili, D. Vergara y M Robles, "Desarrollo de un Sistema de Movilidad en IPV6 usando la Experimental Next Generation Network (XNGN)", Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería EnIDI 2008, Mendoza, Nov 2008.  
[26] Curso de Postgrado: "Principios y Fundamentos de IPv6" en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de San Luí; dictado por G. Mercado, C. Taffernaberry e A. Dantiacq, Jun 2007  
[27] Seminario de Posgrado: "IPv6", en la Carrera de Especialización en Redes de Datos, UTN FRM. Dictado por G. Mercado y C. Taffernaberry, 2010.  
[28] Taffernaberry, Juan Carlos, "Mecanismos de Transición hacia redes IPv6" Tesina de Especialización – Redes de Datos UNLP