

Pruebas y Análisis de la Movilidad IPv6 en la UNAM

Azael Fernández Alcántara^a, Geovani Domínguez López^a

^a Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación - Dirección de Telecomunicaciones (DGCTIC-DT), Cd. de México, D.F. 04510, México.

Tel: (52) 55 56 22 88 57

azael@ipv6.unam.mx, geovani_78@comunidad.unam.mx

Resumen. Durante los últimos quince años el Proyecto IPv6 de la UNAM ha continuado como parte de un grupo de trabajo institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México, llevando a cabo una serie de pruebas con diferentes equipos, sistemas operativos y aplicaciones con soporte de IPv6, incluyendo su uso en redes inalámbricas. Uno de los servicios que se han probado recientemente con más detalle es el de Movilidad IPv6 (MIPv6) con el fin de conocer su estado de desarrollo, en distintas plataformas, y para proponer su uso en servicios inalámbricos operativos en la RedUNAM, que cada año crece más su uso. Así mismo, se ha venido utilizando una red experimental con soporte de IPv6 e IPv4 que ha permitido llevar a la práctica los conocimientos y demás aplicaciones existentes con soporte de IPv6, mientras se mantiene compatibilidad con la RedUNAM en IPv4. En este trabajo se presentan las principales pruebas realizadas en 2 ambientes, uno con software simulador y otro en una maqueta con equipos soportando MIPv6, con los resultados obtenidos hasta el momento con la transmisión de archivos y un video en el escenario de movilidad planteado, como parte de una propuesta para hacer uso de MIPv6 en la RedUNAM, y que se espera sirva de experiencia para otras redes principalmente con fines académicos.

Palabras Clave: IPv6, Movilidad con IPv6, MIPv6, RedUNAM.

1 Introducción

Como una solución a las demandas provocadas por el crecimiento exponencial de Internet, la IETF (Internet Engineering Task Force) creó el proyecto IPng (Internet Protocol of Next Generation), conocido hoy como IPv6 [1]. Esta versión más reciente del protocolo de Internet (IP), tiene nuevas e importantes características que permiten superar algunas limitaciones del IPv4, usado actualmente en cualquier dispositivo conectado a Internet o a una Intranet, con la configuración de identificadores conocidos como direcciones IP, que hoy en día ya existen en las dos versiones del IP.

Entre las características más importantes de IPv6, destacan [2]: espacio de direcciones prácticamente infinito; posibilidad de autoconfiguración de diversos dispositivos y ruteadores; mejor soporte a la computación móvil (MIPv6) y al transporte de tráfico multimedia en tiempo real, seguridad (IPSec) y calidad de servicio integrados, aunque no obligatorios su uso; así como mecanismos de transición gradual de IPv4 a IPv6 [3], aplicaciones anycast y multicast, etcétera.

Estuvo funcionando 6Bone [4], un proyecto mundial experimental utilizado para probar los conceptos y la puesta en práctica de IPv6, durante diez años, que terminó el 6 de junio del 2006. Se trató de una red virtual compuesta por "islas" que soportaban IPv6, unidas por conexiones punto a punto llamadas "túneles". Al final, en 6Bone participaron en el ámbito mundial 47 países, entre ellos México. Posteriormente, iniciaron las implementaciones de redes en producción con soporte de IPv6 sin depender de los túneles, con la consecuente mejora en los tiempos de respuesta y latencia para beneficio de los servicios móviles y en tiempo real.

1.1 IPv6 en México

Desde el mes de diciembre de 1998 las investigaciones en la materia iniciaron en instituciones como la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), donde se constituye el proyecto IPv6 [5], estableciéndose un amplio programa de pruebas y trabajos en temas como: implementaciones, análisis de pilas duales (Dual-Stacks) IPv4/IPv6, diferentes tipos de túneles de IPv6 sobre IPv4, software de conexión en distintas plataformas, aplicaciones multimedia, servidores para web y DNS, autoconfiguración, calidad de servicio, IPSec, IPv6 sobre ATM, conexión con redes internacionales de IPv6 (6Bone, 6REN), IPv6 en las primeras redes académicas, movilidad IPv6 (MIPv6), etcétera.

1.2 IPv6 en las Redes Académicas.

Las primeras implementaciones de IPv6 se han dado, a lo largo de los años, primera y principalmente en las instituciones educativas y en las denominadas Redes Nacionales de Investigación y Educación (RNIE) o NRENs, por sus siglas en inglés, gracias a las facilidades tecnológicas de las mismas, al ser un tipo de redes privadas para servicios de carácter totalmente académico.

Es así que las RNIEs de países como México, Estados Unidos, Canadá, Brasil y Argentina, fueron las primeras en América en soportar IPv6 desde inicios del siglo XXI. En el caso de México, en abril del 2001, iniciaron más en forma las actividades del Grupo de Trabajo de IPv6, en la red académica mexicana conocida como red de Internet 2 de México o RedCUDI, llevando a cabo la primera conexión con IPv6 entre las redes de la CUDI y Abilene, en Estados Unidos.

Respecto a la RedCLARA, [6] originalmente conocida solamente como CLARA (Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas), que es responsable de la implementación y la administración de la red que interconectaba, hasta hace poco, a las RNIEs de 14 países Latinoamericanos, de los 18 originalmente contemplados, soporta IPv6 desde el 2005, después de la integración oficial, en abril de ese año, de la primera versión del Grupo de Trabajo de IPv6 en CLARA [7]. Es así que en agosto se implementa IPv6 nativo en el Backbone. Posteriormente, en noviembre del mismo año, se implementa IPv6 Multicast.

Las primeras RNIEs con soporte IPv6 fueron: RETINA (hoy Innovared) de Argentina, REUNA de Chile, RNP de Brasil y CUDI de México. Después, durante el 2006, se conectaron 6 redes académicas más y el resto entre 2007 y 2009.

Actualmente, al menos 12 países soportan IPv6 nativamente (figura 1) y el grupo de trabajo de IPv6 opera en su tercera versión, conocido todavía como GT-DEIM-IPv6 (Grupo de Despliegue e Implementación de IPv6) [8]. Así mismo, ha existido otro grupo denominado GT-Movilidad, que solo contemplaba el estudio inicial del uso de IPv6.



Fig. 1. Países con las primeras RNIes o NRENs con conexión IPv6 en la RedCLARA.

1.3 Movilidad IP

De entre las diferentes propuestas que han surgido en el modelo TCP/IP para proveer un soporte de movilidad, una de las soluciones más prometedoras se ubica en la capa de red, comúnmente denominada Movilidad IP, MIP por sus siglas en inglés (Mobile IP), para el desarrollo de la movilidad en Internet; siendo su objetivo principal el de mantener activas las comunicaciones de los usuarios sin que exista una interrupción significativa de los servicios que estén usando, especialmente cuando el usuario cambia entre varios puntos de acceso a la red.

Dado que actualmente existen 2 versiones de IP, también hay Movilidad IPv4 (MIPv4) y Movilidad IPv6 (MIPv6), por lo que después de realizar un estudio y análisis de sus diferencias, ventajas y desventajas, se determinó que MIPv6 resulta ser la mejor opción para su uso en servicios futuros en producción en la RedUNAM.

Algunos conceptos clave para entender el funcionamiento de MIP se mencionan a continuación:

- a) Handover o Handoff.- es un proceso que se presenta cuando un nodo móvil cambia su punto de acceso a la red, es decir, pasa de una red a otra manteniendo sus sesiones activas, aún cuando regrese a su red original.
- b) Return Routability.- procedimiento llevado a cabo entre un nodo en movimiento y otro que también podría moverse, para el intercambio de mensajes necesarios para el funcionamiento de MIPv6, permitiendo proteger futuros mensajes de registro.

- c) Optimización de ruta.- mecanismo mediante el cual se resuelve el problema de Enrutamiento Triangular (presentado en MIPv4) al ofrecer mejoras significativas en la comunicación ya que no es necesario involucrar a un ruteador en la red local del nodo móvil.
- d) Detección de Movimiento.- tiene como objetivo detectar handovers de capa 3 (L3), que implica un cambio en la dirección IP del nodo, para evitar la menor pérdida de paquetes implicada en todo handover.
- e) Regreso a la red local del nodo móvil.- serie de pasos que permiten que el nodo móvil detecte que ha regresado a su red local.

En la tabla 1 se describen los elementos o componentes de una red con MIPv6.

Tabla 1. Elementos o componentes de una red con MIPv6.

Elemento	Descripción
Nodo Móvil (MN)	Es cualquier nodo que cambia su punto de acceso a la red al desplazarse físicamente a otra ubicación.
Nodo Corresponsal (CN)	Cualquier nodo (estacionario o móvil) que actualmente se encuentra en comunicación con algún MN.
Red Local	Red que posee un prefijo de donde le es asignada una dirección permanente a un MN.
Red Foránea	Cualquier otra red que no sea la red local de un MN.
Home of Address (HoA)	Dirección IPv6 unicast perteneciente a la red local del MN y que le es asignada permanentemente. El MN incluso puede poseer varias direcciones HoA con diferentes prefijos de red.
Care of Address (CoA)	Dirección IPv6 unicast asociada temporalmente a un MN mientras se encuentra de visita en una red foránea.
Agente Local (HA)	Ruteador ubicado en la red local del MN con el cual este último registra su dirección CoA.
Binding	Asociación de la dirección HoA de un MN con su nueva dirección CoA.

1.4 Mejoras a MIPv6

Dado que MIPv6 también presenta ciertas limitantes, se han diseñado diversos desarrollos con mejoras que han sido propuestas en la IETF, que favorecerán el despliegue y la adopción de MIPv6 en ambientes en producción.

Los objetivos principales se han centrado en reducir las interrupciones en las comunicaciones, mantener un porcentaje menor en la pérdida de paquetes, delegar el soporte de movilidad a la red (no al host), promover un desarrollo basado en jerarquías, disminuir la señalización requerida de movilidad, entre otros.

Algunos de estos desarrollos se mencionan a continuación:

- a) FMIPv6, por sus siglas en inglés (Fast MIPv6).- permite al MN transmitir sus paquetes apenas detecte que se encuentra en un nuevo punto de acceso, es decir, está enfocado en cuidar los tiempos de latencia de los paquetes.

- b) HMIPv6, por sus siglas en inglés (Hierarchical MIPv6).- minimiza el impacto de usar MIPv6 al reducir el intercambio de señalización que el MN manda a su HA y a los CNs con los que se esté comunicando actualmente, logrando mejoras en la escalabilidad, inconveniente que de cierta forma ha frenado el despliegue de la movilidad IPv6 a una mayor escala. Esto se obtiene al manejar dominios dentro de los cuales el MN pueda desplazarse con facilidad.
- c) PMIPv6, por sus siglas en inglés (Proxy MIPv6).- permite tener soporte de movilidad basado en red, de tal forma que cada MN disfrute de movilidad sin tener que participar en los mensajes de señalización.
- d) DSMIPv6 por sus siglas en inglés (Dual Stack MIPv6).- permite a MIPv6 funcionar en routers y hosts con soporte dual, es decir, hace posible que tanto el MN como el HA soporten MIPv6 a través de IPv4, IPv6 o ambos.
- e) NEMO por sus siglas en inglés (Network Mobility).- permite a todos los nodos de una red (ya sea que tengan o no soporte de MIPv6) mantener sus sesiones de forma ininterrumpida mientras la red en la que se encuentran se desplaza físicamente y por ende experimenta un cambio en su punto de acceso.

En la tabla 2 se presenta un resumen de las características de cada una de las mejoras de Movilidad IPv6 mencionadas, en aspectos claves para un correcto uso.

Tabla 2. Resumen de las mejoras de Movilidad IPv6.

Característica	MIPv6	FMIPv6	HMIPv6	PMIPv6	NEMO	DSMIPv6
Baja latencia en Handover	N	Y	N	Y	N	N
Baja sobrecarga por señalización	N	N	Y	Y	Y	N
Optimización de ruta	Y	N	N	N	N	-
Privacidad de ubicación	N	N	Y	Y	Y	N
Soporte en redes IPv4 e IPv6	N	N	N	Y	N	Y
Movilidad delegada a host (H), red (R)	H	H	H	R	R	H

De entre las mejoras a la movilidad IPv6 que promete mejores despliegues, está el uso de Proxy MIPv6 aunque no ofrece el aspecto de optimización de ruta.

1.5 Infraestructura para servicios inalámbricos en la UNAM

La red de telecomunicaciones de la UNAM, denominada RedUNAM, está conformada por una amplia y diversa infraestructura de alta tecnología en la que numerosos switches de capa 3 y algunos ruteadores interconectan a las más de 60 dependencias en el campus principal de C.U. y sedes foráneas, dentro y fuera del país. En prácticamente la totalidad de sus ubicaciones públicas, la universidad ofrece el servicio gratuito de conexión inalámbrica a Internet a través de la Red Inalámbrica Universitaria (RIU) [9] que cuenta con poco más de mil 99 puntos de acceso, localizados en las áreas de mayor afluencia de la comunidad universitaria.

Para cumplir su rol la RIU cuenta con una infraestructura basada en el uso de controladoras para facilitar la administración y resolución de problemas. En la figura 2 se muestra la estructura general de la RIU.

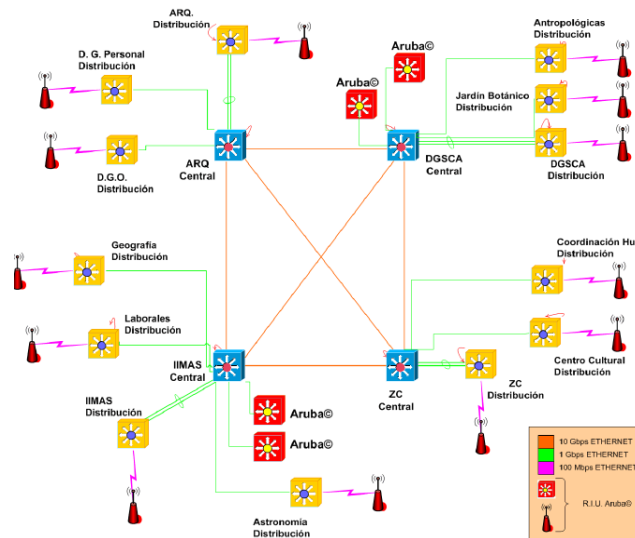


Fig. 2 Topología general de la RIU

2 Escenarios de Pruebas contemplados

Para conocer el estado actual de la movilidad IPv6, sus capacidades y limitantes, así como para obtener la práctica necesaria en su uso, se planteó la realización de una serie de pruebas en dos opciones que se consideraron viables:

- a) Uso de equipo físico: a través de la búsqueda de diferentes productos comerciales bajo los cuales fuera factible realizar diversos escenarios de prueba o en su defecto mediante el empleo de software libre.
- b) Uso de simuladores: contempló la búsqueda y empleo de algún producto de software mediante el cual fuera posible llevar cabo distintas pruebas de la movilidad con IPv6 en un ambiente más controlado.

3 Pruebas realizadas

3.1 Planeación y desarrollo de los escenarios con equipos

Con el fin de llevar a cabo pruebas de Movilidad IPv6, como primera opción se consideró el uso de equipo físico de fabricantes, para ello se realizó una búsqueda de aquellos dispositivos que permitieran plantear un escenario viable. Las alternativas encontradas contemplaron las siguientes:

- 1) Cisco Systems: tiene una amplia gama de routers que soportan la funcionalidad de Home Agent (es necesario tener un IOS superior o igual a 12) pero, actualmente no cuenta con todas las características de MIPv6, por ejemplo no se puede usar en conjunto con IPSec.
- 2) Juniper: soporta MIPv4 de forma parcial porque únicamente ha desarrollado la funcionalidad de HA, es decir, hoy en día carece de la funcionalidad de FA. En lo que respecta a MIPv6 aún no tiene ningún desarrollo.
- 3) Nokia: posee un controlador que tiene la capacidad de soportar PMIPv6, a pesar de ello está orientado más hacia un entorno comercial porque se basa en el uso de infraestructura de un operador de telefonía.

Sin embargo, debido a que no se logró retroalimentación positiva por parte de los fabricantes, se descartó la opción de hacer uso de su equipo, por lo que se planeó crear una maqueta de pruebas que involucrara el uso de varias máquinas con software libre para soportar MIPv6, y contemplando el uso de dispositivos con las siguientes funcionalidades:

- Dispositivo como Home Agent (HA).
- Dispositivo como Mobile Node (MN).
- Dispositivo como Correspondent Node (CN).

3.2 Pruebas realizadas con equipos

Para utilizar MIPv6 sobre un medio inalámbrico se necesitaron de 2 Access Point que reenviaran el tráfico recibido desde/hacia el HA/MN (según fuera el caso), es decir, estos dispositivos simplemente actuaron como “bridge” y no necesitaron de una dirección IP para desempeñar su función ni en su interfaz cableada ni en la parte inalámbrica.

Como parte del diseño de la maqueta de pruebas el direccionamiento del espacio IPv6 utilizado se trabajó en una red aislada e interna de manera que el segmento principal de red que se utilizó fue 2001:db8::/48. Se ilustra en las figuras 3 y 4 la manera en que los prefijos IPv6 se asignaron a los enlaces, interfaces y las topologías inicial y final utilizadas.

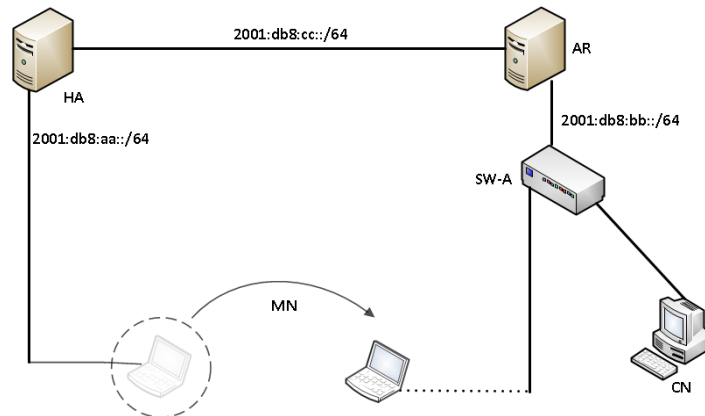


Fig. 3. Primera topología de la maqueta de pruebas

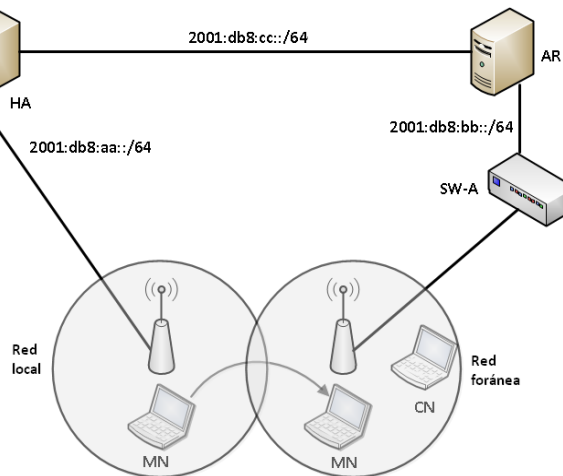


Fig. 4. Topología final de la maqueta de pruebas

Como se requería verificar varios aspectos del funcionamiento de MIPv6 se investigaron las alternativas con software libre como el proyecto KAME, ya concluido, que trabaja sobre NetBSD y FreeBSD; y el proyecto USAGUI (UniverSAl playground for IPv6) que funciona sobre GNU/Linux y que actualmente se llama UMIP. Finalmente, se optó por el uso de este último ya que es el desarrollo más reciente, existe más información al respecto y continuamente se le sigue dando soporte por parte de los desarrolladores. A continuación se presenta en la tabla 3 un resumen de cada uno de los elementos empleados (equipos y sistemas operativos).

Tabla 3. Equipos y sistemas operativos utilizados en la maqueta de pruebas.

Elemento	Nombre	Sistema Operativo	Implementación de MIPv6	Función	Dirección IPv6
Agente Local	HA	GNU/ Fedora	USAGUI umip 0.4	Ruteo	Home Address: 2001:db8:aa::1/64 Interfaz con AR: 2001:db8:cc::1/64
Ruteador de Acceso	AR	GNU/Debian	-	Ruteo	Interfaz con HA: 2001:db8:cc::2/64
Nodo Móvil	MN	GNU/Fedora	USAGUI umip 0.4	Envío, recepción	HoA: 2001:db8:aa::10/64
Nodo Corresponsal	CN	Windows XP	-	Envío, recepción	Interfaz con AR 2001:db8:bb::100/64
Access Point	AP A	-	-	Bridge	-
Access Point	AP B	-	-	Bridge	-
Switch	SwitchA	Cisco IOS	-	Conmutación	-

Dado que era necesario soportar MIPv6 en cada elemento, a excepción de los APs y el switch, se tuvo que compilar el kernel de Linux para habilitar varias opciones apagadas por defecto, para funcionar como MN, CN y el HA respectivamente. Por ejemplo la opción de “CONFIG_IPV6_MIP6=y”

Los escenarios realizados contemplaron la verificación y seguimiento de los siguientes aspectos, componentes y transmisiones en una red con movilidad IP:

- Móvil en red local
- Móvil en red foránea
- Registro del MN
- Móvil de regreso a red local
- Registro del MN
- Estructuras de datos
- Proceso de movilidad en el HA
- Proceso de movilidad en el MN

- Comunicación y Transmisiones:
 - o ICMPv6 (ping)
 - o TCP (Cliente/Servidor FTP)
 - o UDP (VLC – video entre el MN y el CN)
- Configuración y captura del registro del MN con IPSec habilitado

En las siguientes figuras 5 y 6 se muestran las capturas de pantallas de la transmisión vía UDP de un video por parte del MN y la recepción en el CN.

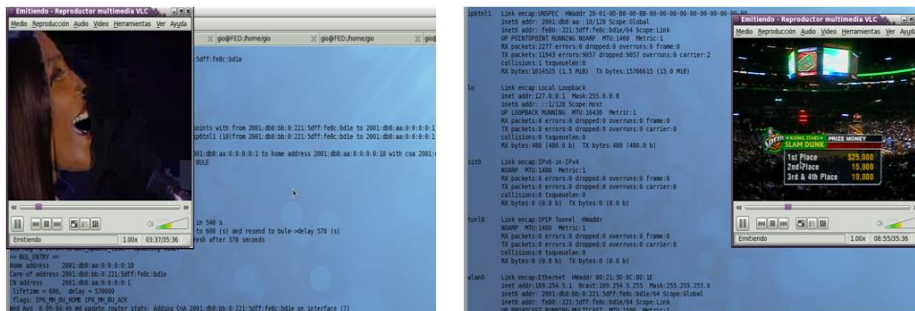


Fig. 5 y 6. Capturas pantallas del envío y recepción de video

En cuanto al tráfico TCP se usó la aplicación de FTP Filezilla (con soporte de IPv6) que permitió crear una relación cliente/servidor, el MN fue el cliente y el CN el servidor (figura 7).

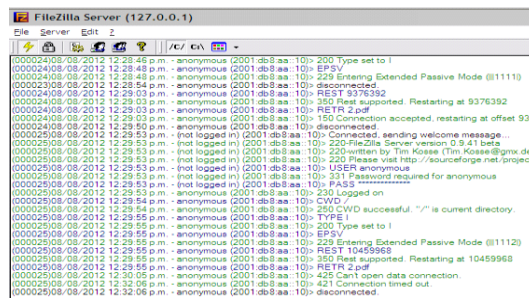


Fig. 7. Registro de conexión por FTP entre el MN y el CN

Finalmente, se realizó una primera prueba con IPSec para capturar el tráfico (figura 8) correspondiente a la etapa de registro del nodo móvil, es decir, los mensajes BU (Binding Update) y BA (Binding Acknowledgment), donde se pudo observar que fueron cifrados.

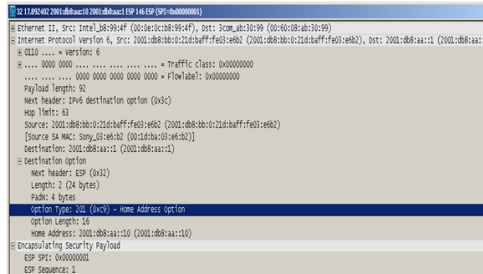


Fig. 8. Captura de paquetes de BU entre el MN y el CN

3.3 Planeación y desarrollo de los escenarios con simuladores

En lo que respecta al uso de simuladores con soporte de MIPv6, después de una revisión y descarte de aquellos con altos costos en las licencias de uso, como el OPNET, se optó por usar el simulador OMNeT++ [10] que actualmente es el desarrollo más reciente que se encuentra disponible de Movilidad IPv6 sin embargo, no es posible hacer uso de IPSec para proteger las comunicaciones. Dado que no poseía todas las características que se requerían probar, fue necesario hacer uso de un modelo de simulación que funcionara con OMNeT++, denominado xMIPv6 [11], que estaba basado en el RFC 3775 de la IETF y remplazado después por el RFC 6275 [12].

En la figura 9 se muestra el diagrama de la topología de red de la simulación cuyo objetivo fue realizar un handover del MN, es decir, su traslado de su red local a una red foránea. En la tabla 4 se resumen los escenarios las pruebas realizadas.

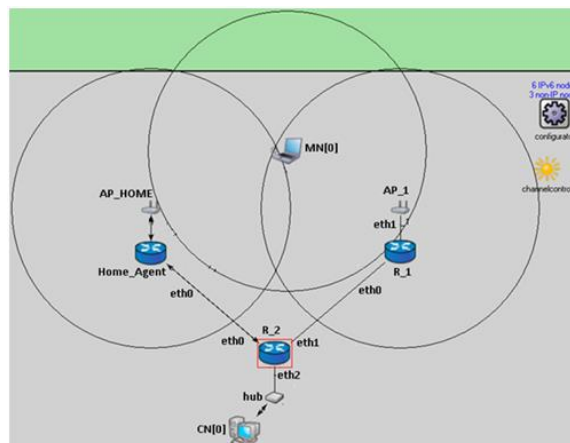


Fig. 9. Topología de la red de pruebas con OMNeT++

Tabla 4. Escenarios de pruebas realizadas en el simulador.

Tipo de Tráfico	Dispositivos
1. Intercambio de echos ICMPv6.	-> MN a CN -> CN a MN
2. Modelo UDP cliente-servidor	- MN: servidor - CN: cliente
3. Modelo TCP cliente-servidor	- MN: cliente - CN: servidor

3.4 Pruebas realizadas con el simulador

Igual que las pruebas con equipo físico, los escenarios realizados contemplaron la verificación y seguimiento de algunos aspectos y componentes de una red con movilidad IP:

- Móvil en red local
- Móvil en red foránea
- Distintas velocidades de desplazamiento del MN (1-10 segundos)
- Tamaños de ventana de TCP diferentes.
- Comunicación y Transmisiones:
 - Tráfico ICMPv6 (Intercambio de echos de solicitudes y respuesta)
 - Tráfico TCP (Cliente/Servidor).
 - Tráfico UDP (Cliente/Servidor).

Con los resultados obtenidos fue más claro entender la influencia de la velocidad de un móvil, los alcances y limitaciones de MIPv6 con los diferentes tipos de tráfico, y la obtención de un comportamiento, al menos durante los primeros segundos, muy parecido al presentado en un ambiente inalámbrico con equipo físico.

Lo más importante de las pruebas realizadas fue la conducta observada por los componentes utilizados, porque a través de ella es posible conocer la madurez actual de MIPv6.

Algunos de los resultados obtenidos con el simulador OMNeT++ se muestran en las figuras siguientes, que contemplaron con determinadas características del tráfico ICMPv6; distintos valores de retardo de ida y vuelta con el desplazamiento del MN, figura 10; su correspondiente porcentaje de pérdidas de paquetes, figura 11, y los resultados del tráfico UDP a varias velocidades del MN, figura 12.

Tamaño (Bytes): 32
Intervalo entre envíos (s) : 0.5

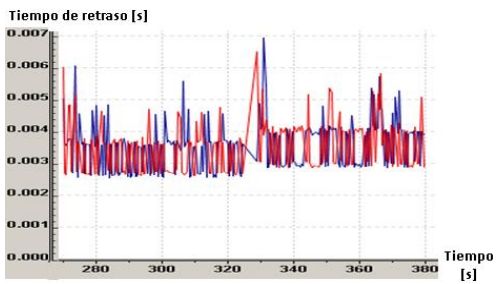


Fig. 10. ICMPv6, retardo de ida y vuelta a velocidad del MN de (1[m/s])

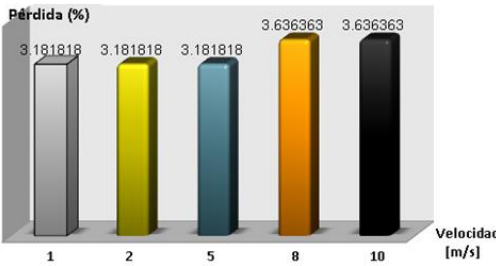


Fig. 11. Porcentajes de pérdidas de paquetes para distintas velocidades del MN

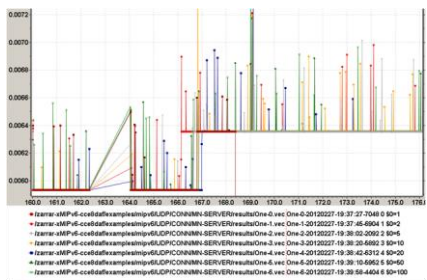


Fig. 12. Resultados tráfico UDP con diferentes velocidades del MN

4 Descripción y etapas de la propuesta MIPv6 para RedUNAM

4.1 Etapas de pruebas previas al uso de MIPv6

La propuesta de uso de MIPv6 en RedUNAM se ha centrado en pruebas e implementación de algunos escenarios pilotos en la RIU al ser una red propicia principalmente para el tráfico de datos, y no tanto para tráficos muy sensibles al retraso y en tiempo real. Además, no se contemplaron escenarios y una comparación con MIPv4 debido a que no existieron implementaciones disponibles que permitieran crear una maqueta de pruebas con aquellos desarrollos que han estado disponibles, ya que están incompletos o con poco soporte.

En la fase de investigación de las capacidades del equipamiento de la RIU, de la marca Aruba Networks, se encontró que las controladoras tienen una arquitectura denominada MOVE¹, y que gracias a ésta se provee una movilidad a través de toda una red e inclusive llega a presentar un tiempo del handoff de tan sólo unos milisegundos. Además, las últimas versiones del sistema operativo (ArubaOS) de estos equipos pueden integrar el soporte de Proxy Mobile IP que permite, como se ha comentado, que los dispositivos de los usuarios no necesiten de ninguna clase de software especial para disfrutar de una movilidad dentro de una red sin embargo, debido a que las versiones actualmente en uso no tienen un buen soporte de MIPv6 en general, se plantearon 5 etapas previas a poder brindar accesos inalámbricos no sólo por IPv4 sino también por IPv6.

Primera etapa: comprendió la evaluación de los requisitos de la RIU a fin de tener el soporte necesario para IPv6, un trabajo conjunto con el personal que administra esta red. Se determinó que era necesario migrar el servidor RADIUS a una versión con el soporte de IPv6, como FreeRadius 2.

Segunda etapa: incluyó la designación de un sitio para las pruebas piloto y se ha seleccionado al NETLab (Laboratorio de Tecnologías Emergentes de Redes) [13] de la Dirección de Telecomunicaciones (DT) de la UNAM, localizado en la DGTIC, como un lugar estratégico, al ser la casa y el origen del proyecto y grupo de trabajo de IPv6 de la universidad.

Tercera etapa: contempló el análisis de los resultados que se han obtenido, resumidos en este trabajo, en el NETLab, y la retroalimentación al personal de la RIU. Desafortunadamente no ha sido posible la actualización de todas las controladoras a una versión más reciente por falta de soporte.

¹ (Mobile Virtual Enterprise).

Cuarta etapa: contempla actualmente la realización de más pruebas, principalmente con las mejoras comentadas de MIPv6 incluyendo IPSec y PMIPv6, que sea factible implementar, y con versiones de los equipos con mejor soporte de IPv6.

Quinta etapa: consistirá en el análisis de más resultados de otras pruebas piloto a realizar en sitios previamente designados. Es precisamente a través de estos datos que se establecerá finalmente la viabilidad de implementar en la mayor parte de la RIU, en servicios en producción, el uso de MIPv6 con los equipos de la marca actual.

5 Sigüientes pasos

Dentro de las actividades a futuro como parte de la propuesta de uso de MIPv6 en RedUNAM, en la RIU, será establecer un nuevo protocolo de pruebas, los requerimientos y las bases técnicas para las próximas licitaciones de equipos y soluciones que logren finalmente actualizar a la infraestructura y servicios ofrecidos a la comunidad universitaria, para superar las limitaciones del esquema con el uso de controladoras de la marca actual, brindando así un acceso inalámbrico robusto y confiable no sólo por IPv4 sino también por IPv6, en la etapa de convivencia necesaria para ambas versiones.

Así mismo, se planea seguir colaborando, como hasta ahora, con los grupos de trabajo de la RedCLARA, como el anterior de EduRoam [14], ahora servicio en producción en varios países incluyendo a nueve latinoamericanos, para el intercambio de experiencias y el planteamiento del posible uso de MIPv6, en segmentos de red locales, en los servicios ofrecidos a los estudiantes que se desplazan a otras instituciones y países.

6 Conclusiones

Como parte del proyecto institucional de IPv6 de la UNAM, que ha permitido llevar a la práctica los conocimientos y demás aplicaciones existentes con soporte de IPv6, mientras se mantiene compatibilidad con la RedUNAM en IPv4, se han venido llevando a cabo recientemente pruebas a detalle con la movilidad IPv6 (MIPv6), dada la tendencia y necesidad creciente de la comunidad universitaria de traer más dispositivos propios. En este trabajo se presentaron los principales resultados de las primeras pruebas realizadas en los ambientes con un software simulador y en una maqueta con equipos cada uno soportando MIPv6.

Sin lugar a dudas los datos obtenidos permitieron verificar el funcionamiento en la práctica de varios conceptos y propuestas referentes a la operación de MIPv6, de tal

forma que actualmente se conocen las facilidades y limitantes que presenta su implementación. Como se mencionó, no se realizó una comparación con MIPv4 por la falta de implementaciones accesibles, además se determinó que IPv6 ofrece mayores ventajas en el mediano y largo plazo al implementar movilidad a nivel de IP.

Aún quedan pruebas por realizar con los últimos desarrollos y mejoras para MIPv6, que de acuerdo a los resultados a obtener se determinará finalmente, si es conveniente y factible poner en funcionamiento servicios en producción con movilidad con IPv6, tomando en cuenta las nuevas adquisiciones de infraestructura que la propia RedUNAM cuente en su momento con soporte necesariamente de IPv6, pero con convivencia con IPv4 en el mediano plazo todavía.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado casi en su totalidad por los realizadores del mismo, contando con el apoyo de la DGTIC para la parte de la documentación y algunos equipos para las pruebas. Ha sido elaborado tomando como punto de partida, lo realizado en los trabajos: Tesis “Movilidad IPv6: estudio, pruebas y propuesta de uso” y el Reporte “Pruebas de Movilidad IPv6”.

Los autores desean expresar su agradecimiento a las autoridades de la UNAM, en especial a la directora de la Dirección de Telecomunicaciones (DGTIC-DT) la maestra María de Lourdes Pastrana y al Ing. Salvador Cárdenas por las facilidades proporcionadas.

Referencias

1. S. Deering, R. Hinden: RFC2460 Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. (1998), <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2460.txt>
2. Fernández, Azael: Trece Años de IPv6 en México. Caso UNAM. Revista Digital Universitaria (RDU), vol.13, no.6, art.61 (2012)
3. Hagen, Silvia: IPv6 Essentials O'Reilly & Associates. Primera edición (Julio 2002)
4. Página de la ex-red experimental 6Bone, <http://www.go6.net/ipv6-6bone>
5. Proyecto y Grupo de Trabajo de IPv6 en la UNAM, <http://www.ipv6.unam.mx>
6. Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas. RedCLARA, <http://www.redclara.net>
7. Grupo de Trabajo de IPv6 en CLARA, <http://www.redclara.net/index.php/conocimiento-e-innovacion/colaboracion-en-red/grupos-de-trabajo#ipv6--gt---ipv6->
8. GT-DEIM-IPv6 en CLARA, <http://www.redclara.net/index.php/conocimiento-e-innovacion/colaboracion-en-red/grupos-de-trabajo#gt-deim-ipv6>
9. Red Inalámbrica Universitaria (RIU), <http://www.riu.unam.mx>
10. Librería de simulación OMNeT++, <http://www.omnetpp.org>
11. Modelo de simulación xMIPv6, <https://github.com/zarrar/xMIPv6>
12. C. Perkins, Ed., D. Johnson, J. Arkko: RFC6275 Mobility Support in IPv6. (2011), <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc6275.txt>
13. Laboratorio de Tecnologías Emergentes de Redes (NETLab), <http://www.netlab.unam.mx>

14. Ex_grupo de Trabajo de EduRoam, <http://www.redclara.net/index.php/conocimiento-e-innovacion/colaboracion-en-red/grupos-de-trabajo#gt-eduroam>