

## **IPv6 EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO (UNAM)**

**Azael Fernández Alcántara, César Olvera Morales**

A continuación se presenta la evolución del desarrollo de IPv6 en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), las principales pruebas realizadas y los resultados obtenidos hasta el momento. La UNAM a partir de la experiencia adquirida con la realización de una serie de pruebas con diferentes equipos, sistemas operativos y aplicaciones con IPv6, instaló las primeras redes para pruebas y para servicios de producción con IPv6 en México, que permiten llevar a la práctica los conocimientos y demás aplicaciones, como parte de un proyecto institucional y nacional de IPv6, mientras se mantiene compatibilidad con las redes de IPv4 existentes.

## INTRODUCCIÓN

Como una solución a las demandas provocadas por el crecimiento exponencial de Internet, el IETF (Internet Engineering Task Force), creó el proyecto IPng (Internet Protocol of Next Generation), también conocido como IPv6<sup>[1]</sup>. Esta nueva versión del protocolo de Internet, tiene nuevas e importantes características que permiten superar las limitaciones de IPv4 usado actualmente. Entre las características más importantes destacan: espacio de direcciones prácticamente infinito, posibilidad de autoconfiguración de computadoras y ruteadores, computación móvil, eficaz soporte para seguridad, calidad de servicio, transporte de tráfico multimedia en tiempo real, transición gradual de IPv4 a IPv6<sup>[2][3]</sup>, aplicaciones anycast y multicast, etc.

6Bone<sup>[4]</sup> es un proyecto mundial experimental utilizado para probar los conceptos y la puesta en práctica de IPv6, mediante una red virtual compuesta por "islas" que soportan IPv6, unidas por conexiones punto a punto llamadas "túneles". Actualmente participan en 6Bone 55 países de los 5 continentes, entre ellos México.

Por otra parte, existe el IPv6 Forum<sup>[5]</sup> que es un consorcio mundial constituido por proveedores líderes de soluciones en telecomunicaciones, proveedores de servicios de Internet (ISPs) y redes de investigación y educación. Este foro se ha impuesto la misión de promover a nivel mundial al IPv6 para crear la próxima generación de Internet, de mayor calidad y seguridad: *La Nueva Internet*; además planea aumentar dramáticamente la promoción de IPv6 hacia el mercado y los usuarios proporcionando acceso libre, global y equitativo a los conocimientos y la tecnología.

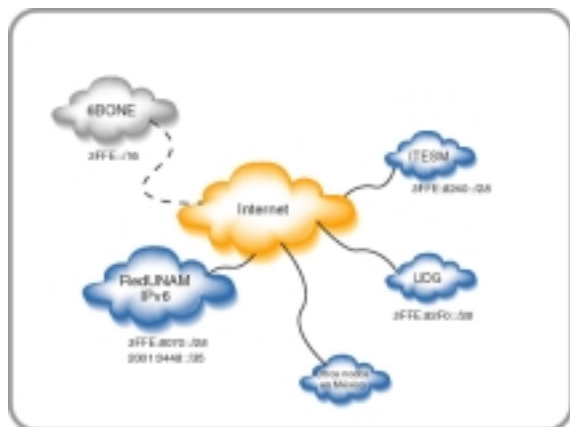
Es importante mencionar que existe un Grupo de Trabajo de IPv6, a cargo de la UNAM, en la red de Internet 2 de México, coordinada por CUDI (Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet)<sup>[6]</sup>, constituida por las principales universidades de nuestro país; cuya misión es la de promover y coordinar el desarrollo de redes de telecomunicaciones y cómputo enfocadas al desarrollo científico y educativo.

## PROYECTO IPv6

La UNAM inició investigaciones en la materia desde el mes de diciembre de 1998, fecha en la que se constituye el Proyecto IPv6 en nuestra Máxima Casa de Estudios, y durante el segundo semestre del año 1999, es notable el liderazgo de la UNAM en el ámbito nacional, al ser el primer nodo de 6Bone en México, registrándose en junio de 1999.

Posteriormente en septiembre del mismo año, a partir de los resultados de pruebas realizadas, por su propia trayectoria en telecomunicaciones e importancia académica, la UNAM fue aceptada como uno de los 100 nodos de Backbone que a la fecha operan en 6Bone, obteniendo un rango de direcciones tipo pTLA (Top-level Aggregation), el 3ffe:8070::/28. Cabe destacar que con este hecho nuestra institución fue el primer nodo, y hasta ese momento el único de este tipo en México y el tercero en Latinoamérica. Actualmente otras dos universidades mexicanas han obtenido su propio rango de direcciones tipo pTLA, ver figura 1.

Con este tipo de direcciones, la UNAM ha podido delegar bloques y configurar túneles a instituciones en México y en el mundo interesadas en realizar pruebas con IPv6, lo que constituye un paso muy importante en el uso y desarrollo de IPv6 en el continente americano.



**Figura 1:** IPv6 en México

En octubre del 2000, nuestra institución recibió un bloque de direcciones IPv6 del tipo sTLA (sub Top-Level Aggregation), el 2001:0448::/35, para ofrecer a sus usuarios algunos servicios de producción con IPv6. Este tipo de direcciones las utilizan compañías como MCI, Verio y Sprint en EU, y NTT en Japón, por mencionar algunas.

Hoy en día se está trabajando con instituciones mexicanas y de América Latina para correr aplicaciones IPv6 en conjunto, una vez que se ha establecido su conexión con IPv6 hacia la UNAM., ver figura 2. Entre las instituciones mexicanas destacan: Universidad Autónoma de Chiapas, Universidad Autónoma de Guerrero, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad de Guadalajara, Universidad la Salle, Universidad de Colima, Instituto Politécnico Nacional, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Instituto Tecnológico de Oaxaca, Instituto Tecnológico de Mérida, Instituto Tecnológico Autónomo de México, la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI), LANIA, CICESE, PEMEX, ASTER, ISOC-MEX, etc.

Por parte de las instituciones latinoamericanas se pueden nombrar al: Instituto de Informática de la Universidad

Austral de Chile (UACH), Compendium de Argentina, Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías de la Universidad Nacional de La Plata (LINTI-UNLP) de Argentina, EAFIT de Colombia, entre otras.



**Figura 2:** Conexiones de IPv6 desde la UNAM.

Otro de los logros del Proyecto IPv6 de la UNAM, son los trabajos desarrollados dentro del IPv6 Forum, donde nuestra institución es miembro desde abril del 2000, y debido a los resultados obtenidos, para septiembre del mismo año dieron inicio los trabajos del capítulo México del IPv6 Forum. Este capítulo, además de los objetivos mundiales del IPv6 Forum, busca incrementar la promoción, investigación y utilización de IPv6 en México y en Latinoamérica.

Resumiendo, los objetivos generales del Proyecto IPv6 de la UNAM han sido:

- Investigar, probar e implementar el protocolo IPv6 en toda la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM.
- Participar en el desarrollo de proyectos de IPv6 nacionales e internacionales.
- Participar en el fortalecimiento y difusión de IPv6 y sus aplicaciones.
- Proveer servicios de IPv6 en México y Latinoamérica.

## IPv6 EN INTERNET2

En abril del 2001, iniciaron formalmente las actividades del Grupo de Trabajo de IPv6, en la red de Internet2 de México, llevando a cabo la primera conexión con IPv6 entre las redes de CUDI y Abilene, en Estados Unidos.

Posteriormente, los trabajos de instalación contemplaron en una primera fase la implementación de IPv6 en el Backbone de la red de Internet2, con cuatro nodos en Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey y Tijuana; además de implantarlo en los equipos de acceso de las universidades conectadas a la red de CUDI. Paralelamente se han estado realizando pruebas de seguridad (IPSec6), servidores web, correo electrónico, etc; por lo que pronto se tendrán más resultados y se ofrecerán servicios a los integrantes de la red CUDI. El plan es desarrollar el proyecto para que se convierta en el más importante en su tipo en México y uno de los pioneros en Latinoamérica.

Es importante resaltar, que desde diciembre del año 2001, está funcionando el Backbone de la red de Internet2 de nuestro país con conexiones IPv6 nativas sobre ATM. Con este hecho, se tiene lista esta red para proporcionar servicios de producción con la nueva versión del IP, y se avanza en las pruebas e implantación de nuevas tecnologías que permitirán llevar a cabo los objetivos planeados para Internet2. Adicionalmente la red de CUDI es la primera en funcionar con IPv6 nativo en México.

Con los resultados obtenidos hasta el momento, ha sido posible la realización en nuestro país del Primer y Segundo Seminario Nacional de IPv6 con la asistencia de más de 200 personas en cada uno.

## PRUEBAS IPv6

Dentro del Proyecto IPv6 se estableció un amplio programa de pruebas y trabajos sobre implementaciones, stacks IPv4/IPv6, túneles, servidores para Web y DNS, aplicaciones multimedia, autoconfiguración, software de conexión, calidad de servicio, IPv6 nativo, IPv6 sobre ATM, conexión con redes internacionales de IPv6 (6Bone, 6REN), IPv6 en Internet2, etc.

Para llevar a cabo estas pruebas se instaló la Red IPv6 de la UNAM [7], constituida por clientes bajo diferentes sistemas operativos, ruteadores de distintos fabricantes y conexiones a 6Bone, ver figura 3.

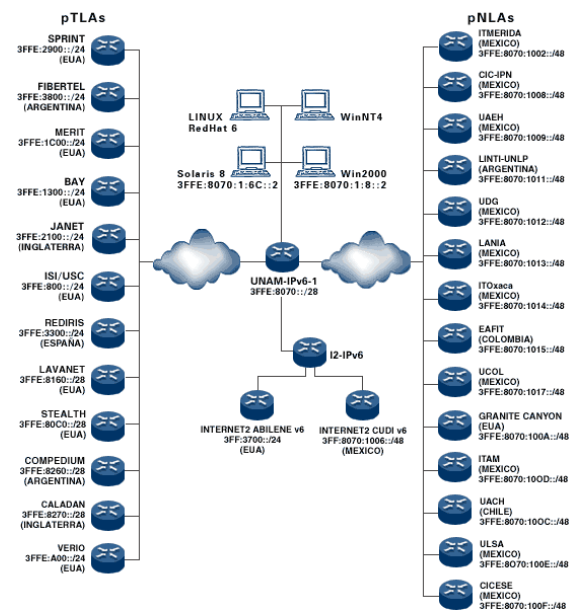


Figura 3: RedUNAM IPv6.

Se han configurado varios túneles de IPv6 sobre IPv4 hacia otros nodos de Backbone de 6Bone como Sprint, Fibertel, Merit, Nortel Networks, Janet, ISI-LAP, Red IRIS, Lavanet, Stealth, Compendium, Caladan, Verio, etc. y hacia las computadoras de la UNAM corriendo

sistemas operativos como Win NT 4, 2000, XP, Solaris 8 y Linux Red Hat.

Como se mencionó anteriormente se instaló la red RedUNAM IPv6 en agosto de 1999, primera en su tipo en México, y que inició operaciones funcionando en una primera etapa como una red de pruebas y posteriormente como red de producción.

Con los diferentes sistemas operativos, equipos y aplicaciones que trabajan con IPv6, que están disponibles en Internet y/o con los fabricantes<sup>[8]</sup>, se han llevado a cabo una serie de pruebas, que incluyen temas como:

- Stacks IPv4/IPv6 (versión 1.1-1.4) para PC en Windows NT 4.
- Stacks IPv4/IPv6 para PCs con Windows 2000 y XP.
- Stacks IPv4/IPv6 para Solaris 2.5, 7 y 8.
- Versiones de stacks IPv4/IPv6 con ruteadores de Nortel Networks, Cisco Systems y 3Com.
- Túneles de IPv6 sobre IPv4 en computadoras y ruteadores con los protocolos RIPng y BGP4+.
- Método de conexión "6to4".
- Software de Conexión (Trumpet Winsock).
- Acceso a páginas web con navegadores modificados que soportan IPv6.
- Servidores web IPv6 para Solaris, Linux y Windows.
- DNS para Solaris, Linux y Windows 2000.
- Autoconfiguración con ruteadores de Nortel y Cisco, computadoras bajo los diferentes sistemas operativos, y con el método "6to4".
- Software traductor IPv4/IPv6 para windows (Toolnet6 y MSR).
- Análisis de tráfico en IPv6.
- Desempeño de IPv6 vs. IPv4.
- IPv6 sobre ATM.

Las pruebas más recientes abarcan los siguientes temas con IPv6: correo electrónico, NAT, tráfico multimedia y multicast, computación móvil, IPv6 sobre Internet2, conexiones seguras (IPSec6), etc.

Adicionalmente se está trabajando en la realización de otras pruebas sobre ruteo y análisis de tráfico, con compañías y organizaciones internacionales como Nortel Networks, Cisco Systems, 3Com, Spirent Communications, Consulintel, IPv6 Forum e ISOC.

## CONCLUSIONES

Actualmente, el proyecto IPv6 de la Universidad Nacional Autónoma de México está contribuyendo en forma muy importante al uso y desarrollo de IPv6 en México y en el continente americano, a nivel de pruebas y de servicios de producción.

La RedUNAM IPv6 al ser de tipo multiplataforma, ha sido muy útil para probar los conceptos de IPv6 en la práctica y poder experimentar con las bondades que ofrece esta nueva tecnología de redes TCP/IP. Las conexiones al nodo 6Bone de la UNAM están creciendo y multiplicándose día con día operando con normalidad y seguirán sirviendo para futuras pruebas de aplicaciones con IPv6 y posteriormente servicios de nueva generación.

De igual forma, los resultados obtenidos hasta el día de hoy con la implementación de IPv6 en el Backbone de la red de Internet 2 de México, han sido muy satisfactorios y se continuará con la realización de más pruebas para aportar conocimientos y próximamente más aplicaciones modificadas, para IPv6, en la UNAM y en las otras instituciones participantes.

Laboratorio de Interoperabilidad de la UNAM, 1999-2001.

Ing. Azael Fernández Alcántara.  
e-mail: [azael@redes.unam.mx](mailto:azael@redes.unam.mx)  
Fis. César Olvera Morales  
e-mail: [cesar@redes.unam.mx](mailto:cesar@redes.unam.mx)  
Subdirección de Redes, Dirección de Telecomunicaciones, DGSCA-UNAM, México D.F. 04510, México.  
Tel: (55) 56 22 88 57, Fax: (55) 56 22 85 88

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1].- Página de información sobre IPv6 ([www.ipv6.org](http://www.ipv6.org)).
- [2].- Internetworking IPv6 With Cisco Routers, Silvano Gai, McGraw-Hill, 1998.
- [3].- Implementing IPv6, Mark A. Miller, M&T Books, 2nd Edition, 2000.
- [4].- Página de la red experimental 6Bone ([www.6bone.net](http://www.6bone.net)).
- [5].- Página del IPv6 Forum ([www.ipv6forum.com](http://www.ipv6forum.com)).
- [6].- Página de CUDI ([www.cudi.edu.mx](http://www.cudi.edu.mx)).
- [7].- IPv6 Network of the UNAM, César Olvera and Pablo De la O., Proceedings ICT 2000, 2000.
- [8].- Página sobre implementaciones en IPv6 ([playground.sun.com/pub/ipng/html/ipng-implementations.html](http://playground.sun.com/pub/ipng/html/ipng-implementations.html)).
- [9].- Página del Proyecto IPv6 en la UNAM ([www.ipv6.unam.mx](http://www.ipv6.unam.mx)).
- [10].- Reportes de avance 1 al 8 de las pruebas de IPv6 en la UNAM, Reportes internos del anterior