

Capítulo 1: Introducción

El diseño original de direcciones de 32 bits para el Protocolo de Internet versión 4, resulta ya insuficiente debido a que nunca se consideró la gran popularidad que éste ganaría dentro de las redes de computadoras y las telecomunicaciones.

En un principio, la corta visión que se tenía proyectada para este protocolo llevó a la asignación irresponsable de estas direcciones IP, lo que a la larga llevó a una escasez del espacio de direccionamiento. Se propusieron algunas alternativas para solucionar este problema de escasez de direcciones; sin embargo, lo único que se logró con esto fue retrasar la situación inminente de que IP se quedaba sin direcciones. Una medida que ofrecía solucionar este problema, más que retrasarlo, era plantear una modificación a la versión IP existente. Fue así como se llegó a la creación del protocolo de Internet versión 6. A continuación se mostrará la estructura y objetivos de este trabajo de investigación; así como, algunos trabajos previos a esta tesis también relacionados con IPv6.

1.1 Antecedentes

A partir de que la existencia y uso de IPv6 se confirmaron, se ha admitido que el despegue de este protocolo ha sido lento comparado a lo que se tenía esperado. Se cree que la principal razón de esto reside en el hecho de que mientras la necesidad inminente de direcciones no sea notoria y la demanda de seguridad y calidad de servicio no sean una total exigencia, IPv6 seguirá siendo considerado un lujo [BUS03].

Es sabido que la movilización más fuerte para adoptar a IPv6 como el protocolo de Internet está en Europa y Asia; mientras que, América del Norte sigue siendo escéptico al respecto. Existen dos razones que explican ésto. Primeramente, Europa y Asia reportan el mayor número de usuarios de Internet; por lo tanto, al mismo tiempo presentan también la mayor deficiencia en direccionamiento.

Por otro lado, debido a que Norte América tiene asignado cerca del 70% de las direcciones del mundo aún no se ve en la necesidad inmediata de buscar una solución a la merma de direcciones. Pero no es sólo el mayor número de usuarios de Internet lo que disminuye el número de direcciones en Europa y Asia, éstos presentan igualmente un gran mercado para las tecnologías móviles 3G lo que consume mayor cantidad de recursos. El número de investigaciones y trabajos que se han creado a raíz de esta revolución tecnológica han ido en aumento.

La IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) ha publicado algunos trabajos relacionados con IPv6, por ejemplo: “*Realizing the transition to IPv6*” por Daniel G. Waddington en Junio de 2002. Esta publicación trata brevemente acerca de los mecanismos IETF (*Internet Engineering Task Force*) de transición a IPv6 y argumenta cuales son las causas envueltas en el desarrollo de IPv6. Así mismo, examina los aspectos que potencialmente afectan la elección de estos mecanismos y los factores que se ajustan a este camino de evolución [WAD02].

En el 2003 se publicó el trabajo de Eric Grosse y Lakshman con un enfoque acerca de Procesadores de red aplicados a la transición IPv4/IPv6 (*Network Processors Applied to IPv4/IPv6 Transition*). Ellos proponen un *gateway IPv6-IPv4* de alta velocidad sobre una tarjeta experimental que contiene procesadores Intel IXP, un FPGA (*Field Programmable Gate Array*) y un par de TCAMs (*Ternary Content Addressable Memories*). De acuerdo con su trabajo, este dispositivo es capaz de soportar múltiples sesiones TCP/UDP (*Transfer Control Protocol/ User Datagram Protocol*) y mantener una línea de enlace cerca de la tasa de GbE (*Gigabit Ethernet*) lo que proporciona una mejora en magnitud del rendimiento de paquete sobre una aplicación con la misma funcionalidad, en una PC. Para mayor referencia sobre este trabajo se puede consultar [GRO03].

Trabajos como el realizado por Yakazi, et. al, en el 2005, proponen la construcción de redes IPv6 de alta velocidad que soporten una sociedad de información, ruteadores y switches de alta velocidad. Un nuevo mecanismo de control de Calidad de Servicio (QoS) fue desarrollado [YAZ04].

Al mismo tiempo Patrick Cocquet propuso el desarrollo de IPv6 sobre servicios DSL (*Digital Subscriber Line*) para poder combinar operadores de Telecomunicaciones con Proveedores de Servicio de Internet (ISP) y explotar los servicios que IPv6 puede ofrecer mientras opera junto con IPv4 [COC05].

Para octubre del mismo año encontramos el trabajo de Jie Li y Hsiao-Hwa Chen, “*Mobility Support for IP-Based Networks*”, que trata acerca del soporte de movilidad para redes basadas en IP (*Internet Protocol*) y de ciertas técnicas de soporte como IPv6 móvil en redes LAN (*Local Area Network*) y WAN (*Wide Area Network*) inalámbricas y redes celulares 2 -3G [LI05].

Satoshi Uda, et al, del Instituto Avanzado de Ciencia y Tecnología de Japón publicaron “*IPv6 support on MPLS networks: Experiences with 6PE approach*”. Este trabajo presentaba el resultado de una investigación hecha considerando el uso de IPv6 en redes MPLS (*MultiProtocol Label Switching*), la implementación y el diseño de la extensión 6PE (*protocol tunnel technique*) para la plataforma MPLS de investigación AYAME en Japón [UDA04].

Otro trabajo, publicado por la Universidad de Beijing, propone un mecanismo que permita a las redes IPv4 comunicarse a través de una red principal IPv6 vía un BGP (*Border -Gateway Protocol*) basado en la detección de túneles y prefijos IPv4. Desarrollaron e implementaron un prototipo de esto en su red nativa IPv6 CERNet2 (*China Education and Research Network 2*) como el mayor proyecto referente a la Siguierte-Generación de Internet en China (CNGI). Este proyecto, está siendo considerado por la IETF como un nuevo mecanismo de transición [WU06].

Trabajos de tesis en diferentes universidades alrededor del mundo también han contribuido al amplio tema y desarrollo de IPv6. Por ejemplo, Gabriel Verdejo Álvarez escribió en el 2000, en Bellaterra España, una tesis de nombre *El protocolo IPv6 y sus extensiones de seguridad IPSec* cuya finalidad era implementar IPv6 en la plataforma LINUX y realizar pruebas prácticas para comprobar las ventajas de este protocolo sobre IPv4 [VER00].

En enero de 2004, en la Universidad de Monash , Australia, se presentó la tesis de Jhonny Lai bajo el nombre de *Performance Evaluation of Mobility Management Protocols for the Next Generation Internet (IPv6)*, cuyo objetivo era el tratar acerca de IPv6 Móvil y su utilización en infraestructuras 3G.

Heinrik Lund Kramkøj presentó en la Universidad de Copenhagen su tesis de maestría acerca del diseño de redes IPv6. Este trabajo provee de algunos ejemplos prácticos de configuración IPv6 [LUN02].

Otra tesis, publicada en el 2005 por el Departamento de Ingeniería de Software de la Universidad Karlova v Praze por Vladimír Kotal, trata acerca del *Tunneling*, sus análisis y desarrollo como mecanismo de transición en redes complejas.

Localmente, en la Universidad de las Américas Puebla, también se han realizado trabajos de investigación con respecto a IPv6. El primero de ellos fue creado por Alejandra Aldrette Malacara en mayo de 2005, tiene por título: *Exploración de evolución del protocolo IPv4 a IPv6* y tiene un enfoque práctico sobre Java. Comparó los protocolos IPv4 e IPv6 utilizando una aplicación instalada en Java.

En octubre del mismo año, Gerardo León Ahuatzin Sánchez presentó: *Desarrollo de un esquema de traducción de direcciones IPv6-IPv4-IPv6*. Mientras que un año más tarde, Fernando Osorno Gutiérrez mostró otro trabajo que llevaba por título: *Estrategias de recuperación de datos multimedia en un ambiente con IPv6*. De estos trabajos aún se tiene poca información ya que están aún en proceso de revisión.

Probablemente la lista de trabajos e investigaciones hechas acerca de IPv6 sea interminable. Pero no importa que tipo de publicación o proyecto sea, las aportaciones que cada trabajo hace dentro del campo, son importantes y significativas.

1.2 Objetivos de la Tesis

Conforme pasa el tiempo la tecnología avanza, el Internet evoluciona, más usuarios tienen acceso a éste y nuevos y mejorados protocolos aparecen para resolver la gran demanda de calidad y servicios de red que se presentan.

Cuando en 1994 se dio el banderazo de salida para el protocolo de IPv6, se tenía en mente que con el paso del tiempo se convertiría en un protocolo bastante popular prometededor de cambios en la conectividad en cuanto a la como conocemos. Para que este protocolo fuera implementado, era necesario migrar de su versión anterior IPv4 mediante ciertos mecanismos.

Debido a estos acontecimientos, este trabajo de tesis se realiza con la finalidad de conocer el funcionamiento de este protocolo, sus características y comparar los mecanismos de transición que ayudarán a acelerar el proceso de migración.

Los principales objetivos son:

- Mostrar un panorama general de IPv6 en cuanto a sus objetivos, funcionamiento, estructura, encabezados de capa de red y direccionamiento.
- Igualmente, presentar de manera breve una descripción detallada de los mecanismos utilizados para migrar a este protocolo. Los tratados en este trabajo se basan en los tres bloques propuestos por la IETF: Pila-dual (*Dual-Stack*), Traducción de encabezados (*Translation*) y *Tunneling*.
- Modelar y simular estos tres mecanismos de migración con el objetivo de describir su comportamiento individual; seguido a esto, compararlos entre sí, mediante la medición de eventos generados, para determinar cual de ellos es el más eficiente en su implementación.
- Finalmente, dar una corta introducción a cerca de cómo OMNeT++ funciona y lo atractivo que este simulador dentro de área académica y de investigación.

De esta manera se expondrá como IPv6, de acuerdo con sus características, es un acertado cambio por el cual optar y cual de sus mecanismos podría ser el ideal para alcanzarlo.

Las contribuciones hechas en este documento no están enfocadas directamente sobre IPv6 ni en los hechos que ya se conocen de este protocolo, como que es reemplazo de la versión de 32 bits de IP,

su implementación, uso real o su manera de operar. Más bien, se espera hacer una contribución comparando los mecanismos de transición más populares que se utilizan en la actualidad y explicar cual mecanismo sería el más óptimo de utilizar.

Recomendación acerca de este trabajo van dirigidas a la incursión y utilización de un simulador poco conocido llamado OMNeT++, con la fusión del lenguaje de éste y principios básicos de C++. Los resultados y conclusiones a las que se lleguen estarán basados en simulaciones hechas en éste programa y tendrán por sustento la teoría disponible en los capítulos previos y apéndices. Se espera que la introducción de este, relativamente nuevo, simulador sea benéfico para el resto de la comunidad estudiantil, específicamente los del área de telecomunicaciones y redes de computadoras o similares y que se pueda implementar como una herramienta de enseñanza en temas que no pueden tener una demostración práctica, como ejemplo el funcionamiento de una red de telefonía celular.

Dado que este trabajo provee una perspectiva acerca de IPv6, su funcionamiento y situación actual en el mundo, cierto tipo de temas tratados, requieren de mayor detalle para ser comprendidos a fondo; para esto, se sugiere recurrir a los apéndices o referirse directamente al RFC (*Request For Comment*) citado.

Algunos puntos están fuera del alcance de este trabajo, como:

- Manejo de protocolos de mensajes de Internet, ICMP (*Internet Control Message Protocol*).
- Utilización de algoritmos de ruteo; por lo cual, las tablas de ruteo usadas y contenidas por las simulaciones son modificadas o actualizadas manualmente.
- Diseño en el direccionamiento y asignación de IP. Sin ninguna característica en particular, las direcciones IP utilizadas fueron tomadas simplemente por su utilidad de identificación de nodos.
- Simulaciones hechas basadas en alguna topología en particular. Como es sabido las topologías se ocupan para describir físicamente a una red y proporcionarnos el tipo de método de

acceso que se usa. La topología propuesta en este trabajo es arbitraria y utilizada sólo para fines prácticos de simulación.

- Dichas simulaciones se basan conceptualmente en el contenido de los RFC y no pretenden simular enteramente las capas del modelo TCP/IP ni algunos algoritmos de ruteo.

Los derechos de autor siempre serán los derechos de autor; por lo tanto, las imágenes mostradas en los capítulos 4, 5 y 6 fueron hechas utilizando un editor gráfico (GNED) que a la vez sirven para crear la interfase gráfica de las simulaciones de OMNeT++. Algunas otras imágenes fueron tomadas y referidas de algún libro o archivo de texto, tipo RFC, y modificadas a manera que se unificaran en un mismo formato.

1.3 Organización de la Tesis

Este documento se organiza en 6 capítulos y 7 apéndices. El contenido general de cada uno ellos se presenta de la siguiente manera:

En el **Capítulo 2** se introduce el protocolo de Internet versión 4 y versión 6. Se explica la conformación de los encabezados de red y el tipo de direcciones para cada una de las versiones.

En el **Capítulo 3** se reportan los mecanismos de transición IPv4/IPv6 propuestos por la IETF, los principios en que están basados, algunos algoritmos utilizados y las ventajas y desventajas de su implementación.

En el **Capítulo 4** se describen las características de OMNeT++ y su funcionamiento básico. Para mayor referencia acerca de la instalación de OMNeT++ ver apéndice C.

El **Capítulo 5** muestra el modelado de los mecanismos de transición, Pila-dual, Traducción y *Tunneling* en GNED, así como los resultados obtenidos de su simulación en OMNeT++.

Finalmente, el **Capítulo 6** presenta las conclusiones a las que se llegó una vez finalizado el trabajo de simulación y el trabajo a futuro que se puede realizar, por ejemplo, la simulación de IPv6 sobre MPLS.

En la sección de apéndices se extiende el contenido de ciertos temas que no pudieron ser descritos a profundidad durante el trabajo, ya que su relevancia hacia el tema en cuestión es más de carácter informativo que analítico.

A continuación una breve descripción los apéndices:

En el **Apéndice A** se enlistan los acrónimos utilizados en esta investigación. Esta lista tiene como finalidad servir de referencia cuando se tenga una duda acerca del significado de alguno de estos acrónimos manejados.

El **Apéndice B** hace referencia a otros algoritmos de transición que se pueden clasificar dentro de los tres grupos generales propuestos por la IETF. Estos mecanismos son utilizados actualmente, pero no son tan populares como los mencionados en el Capítulo 3.

En el **Apéndice C** se guía al usuario en la instalación de OMNeT++ presentando problemas que comúnmente ocurren.