

Motivación para la migración a IPv6

Motivation for the migration to IPv6

Fecha de recepción: Febrero 15 de 2016

Fecha de aceptación: Febrero 15 de 2018

LILIANA GUTIÉRREZ RANCRUEL
Universidad Cooperativa de Colombia
FERNANDO VÉLEZ VARELA
Universidad Libre Seccional Cali

Resumen

La evolución de Internet y de las nuevas tecnologías de información y comunicación despliega un enorme portafolio de posibilidades, actividades y nuevas formas de comunicarse, hacer negocios, trabajar, comprar y relacionarse con otras personas para que sean más los que se encuentren conectados, l una demanda abismal de direcciones IP.

Actualmente el protocolo que se utiliza para dirigir y encaminar los paquetes en la red es IPv4, pero este protocolo ya no permite el crecimiento de la red, lo que hace necesario la migración a un estándar que proporcione los beneficios de IPv4, además de brindar un gran número de direcciones IP, soportar la movilidad, la seguridad, las aplicaciones en tiempo real, la extensibilidad, entre otras. El protocolo que está destinado a sustituir el estándar IPv4 es IPv6, pero esto no es un concepto absoluto.

IPv6, también conocido como “IP Next Generation” o “IPng”, es un protocolo que revolucionará nuestra tecnología actual, fue planteado en los años setenta con el objetivo de interconectar redes. Fue diseñado por Steve Deering y Craig Mudge, adoptado por Internet.

A partir de este escrito se busca evidenciar la necesidad de establecer un punto de referencia para llegar a determinar todos los parámetros y factores ligados al advenimiento de lo que va a representar el protocolo IPv6 en las actuales sociedades del conocimiento.

Palabras claves: Internet, IPv4, IPv6, protocolo, direccionamiento, migración, router, interoperabilidad.

Abstract

The evolution of Internet and new technologies of information and communication displays a huge portfolio of opportunities, activities and new ways to communicate, make business, work, shopping, socialize with others making them more who are connected, creating an abysmal demand IP addresses.

Currently, the protocol used to manage and route packets on the network is IPv4, but this protocol no longer allows network growth, requiring a migration to a standard that provides the benefits of IPv4 as well as providing a large number IP address, support mobility, security, real-time applications, extensibility, among others. The protocol is intended to replace the standard IPv4 is IPv6, but this is not an absolute concept. IPv6 also known as "IP Next Generation" or "IPng", is a protocol that will revolutionize our current technology, was raised in the 70's with the goal of interconnecting networks. It was designed by Steve Deering and Craig Mudge, adopted by the Internet.

Since this paper seeks to highlight the need to establish a reference point in order to determine all the parameters and factors linked to the advent of what IPv6 will play in today's knowledge societies.

Keywords: Internet, IPv4, IPv6, protocol, addressing, migration, router, interoperability.

El motivo básico para crear un nuevo protocolo fue la falta de direccionamiento, lo que produjo una escasez de direcciones IP, factor fundamental para la conexión de nuevos dispositivos a la red, lo que llevó a la eventual migración hacia IPv6 de una forma más rápida. Estamos en el mejor momento para empezar a adoptar este protocolo. Algunas razones son:

- IPv4 no es el mejor protocolo para enfrentar la nueva revolución de la movilidad. Hoy, tanto en el hogar como en los negocios, se compran PC para estar conectados a Internet, a la red de una empresa o a ambas.
- El protocolo DHCP cumple con la función de que un dispositivo reciba una dirección dinámicamente; si bien se logra la conectividad, se dejan abiertos huecos que no permiten administrar los accesos de manera segura. Conforme las aplicaciones empresariales de movilidad se tornen una cosa común, las expectativas de los directivos de IT en términos de seguridad y control aumentarán.
- IPv6 es un protocolo inherentemente móvil, con un esquema de direcciones que permite identificar inequívocamente a un dispositivo, aun cuando éste se conecte desde múltiples redes. IPv6 es también un protocolo de Internet.
- IPv4 no es lo mejor para enfrentar la creciente demanda de servicios multimedia.

El espacio de direcciones de IPv4 no se ha agotado gracias a tecnologías que facilitan el uso de una sola dirección IP por múltiples equipos; la más importante es el protocolo NAT, que también es el responsable de la mayoría de los dolores de cabeza de los gerentes de IT, que buscan desplegar telefonía IP en sus empresas.

La necesidad de migrar a IPv6 no parece tan apremiante como en la crisis del Y2K; sin embargo, a diferencia de ésta, la fecha para que las organizaciones migren a un protocolo más moderno no tiene fecha fatídica anunciada, por lo que las organizaciones deberán estar preparadas para no ser tomadas por sorpresa.¹

Direccionamiento IPv6

El espacio de direccionamiento de IPv6 es de 128 bits (3.4×10^{38}) de posibles direcciones, en el que se identifican interfaces individuales o conjuntos de interfaces. Las direcciones de IPv6 son asignadas a las interfaces y no a los nodos. El mismo identificador de interface puede ser utilizado en múltiples interfaces en una estación.

1 www.mx.ipv6tf.org/articulo/6.pdf

Se clasifican en tres tipos:

- *Unicast identifican a una sola interfaz.* Un paquete enviado a una dirección Unicast es entregado sólo a la interfaz identificada con dicha dirección. [RFC 2373] [RFC 2374]
- *Anycast identifican a un conjunto de interfaces.* Un paquete enviado a una dirección Anycast se entrega a alguna de las interfaces identificadas con la dirección del conjunto al cual pertenece esa dirección Anycast. [RFC 2526]
- *Multicast identifican un grupo de interfaces.* Cuando un paquete es enviado a una dirección Multicast es entregado a todos las interfaces del grupo identificadas con esa dirección.²

El protocolo IPv6 maneja direcciones Multicast [RFC 2375] superando la imperfección de IPv4, que manejaba direcciones de broadcast.

Representación IPv6

Hay tres formas de representar las direcciones IPv6 como *strings* de texto.

- $x:x:x:x:x:x$ donde cada x es el valor hexadecimal de 16 bits, de cada uno de los ocho campos que definen la dirección. No es necesario escribir los ceros a la izquierda de cada campo, pero al menos debe existir un número en cada uno.

Ejemplos:

FEDC:BA98:7654:3210:FEDC: BA98:7654:3210
1080:0:0:0:8:800:200C:417A

- Como será común utilizar esquemas de direccionamiento con largas cadenas de bits en cero, existe la posibilidad de usar sintácticamente $::$ para representarlos. El uso de $::$ indica uno o más grupos de 16 bits de ceros. Dicho símbolo podrá aparecer una sola vez en cada dirección.

Por ejemplo:

- **Unicast address**
1080:0:0:0:8:800:200C:417A
- **Multicast address**
FF01:0:0:0:0:0:0:101
- **Loopback address**
0:0:0:0:0:0:0:1
- **Unspecified addresses**
0:0:0:0:0:0:0:0

Podrán ser representadas como:

- **Unicast address**
1080::8:800:200C:417A
- **Multicast address**
FF01::101
- **Loopback address**
::1
- **Unspecified addresses**

1. Para escenarios con nodos IPv4 e IPv6 es posible utilizar la siguiente sintaxis: $x:x:x:x:x:d.d.d.d$, donde x representan valores hexadecimales de las seis partes más significativas (de 16 bits cada una) que componen la dirección y las d , son valores decimales de los 4 partes menos significativas (de 8 bits cada una), de la representación estándar del formato de direcciones IPv4.

Ejemplos:

0:0:0:0:0:0:13.1.68.3

0 : 0 : 0 : 0 : 0 : F F F F : 1 2 9 . 1 4 4 . 5 2 . 3 8
o en la forma comprimida

::13.1.68.3

::FFFF:129.144.52.38³

La representación de los **prefijos IPv6** se realiza del siguiente modo: dirección-IPv6/longitud-del-prefijo, donde:

- dirección-IPv6 = una *dirección IPv6* en cualquiera de las notaciones válidas.
- longitud-del-prefijo = valor decimal indicando cuantos bits contiguos de la parte iz-

² <http://www.rau.edu.uy/ipv6/queesipv6.htm>

³ <http://www.rau.edu.uy/ipv6/queesipv6.htm>

quiera de la dirección componen el prefijo.
Criterios de asignación de direccionamiento en IPv6

- Asignación a Asignación a LIRsLIRs (ISP): /32

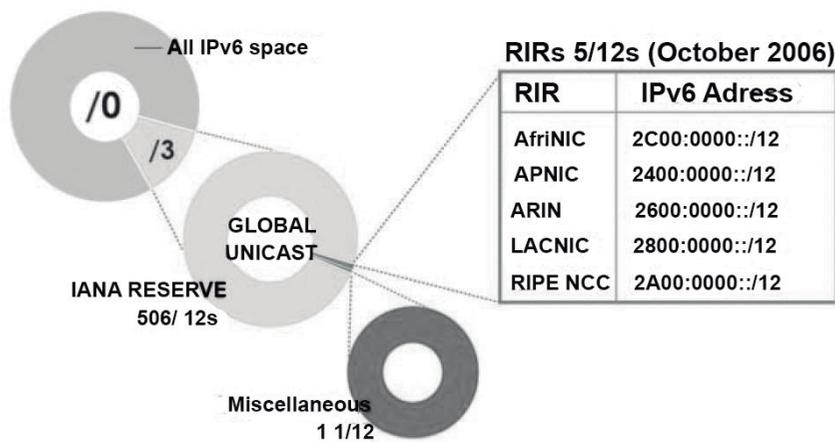
Asignado a Asignado a ISPs que tengan previsto conectar más que tengan previsto conectar más de 200 redes finales (de 200 redes finales (End to End Sites to Sites) en 2 años).

Ej: Rediris 2001:0720::/32; TTD: 2001:0800::/32

- Asignación a Redes Finales (Asignación a

Redes Finales (End to End, Sites to Sites):

- En general: En general: /48 (16 bits libres para subredes)
- Grandes y pequeñas empresas Redes domésticas
- Cuando exista sólo una subred: /64
- Redes móviles (coches) o Redes móviles (coches) o teléfonos con interfaces de red adicionales (WLAN o red adicionales).
- Cuando exista sólo un sistema: /128



como por ejemplo con Conexión PPP.

Figura. Distribución actual de direcciones IPv6
Fuente: http://www.consulintel.es/pdf/ipv6_spain.pdf
Modelo de encaminamiento en IPv6

Modelo jerárquico: las direcciones dependen las direcciones dependen estrictamente de la topología de la red.

Dos tipos de agregaciones:

- Por Proveedor: direcciones asignadas del rango direcciones asignadas del rango de cada proveedor.
- Por Punto de Intercambio (Exchange): las direcciones dependen del punto al que nos conectamos.

- Consecuencia: Si cambiamos de proveedor o de punto de intercambio, es necesario Reenumerar la red. (Si el proveedor de nuestro proveedor la red cambia también deberemos reenumerar).

IPv6 y sus requerimientos

Para el despliegue de IPv6 se ha formado una idea en la cual se marca una preocupación por el ambiente de las aplicaciones y su respectivo soporte. De hecho hay que considerar que aún hay tareas pendientes, estas son, por ejemplo, la implementación de todos los servicios disponibles en la actualidad sobre IPv6, entre los cuales hay que mencionar a los servicios web, correo electrónico o FTP. Más allá de implementar el

nuevo protocolo en su red, los operadores necesitan desarrollar herramientas de gestión y monitorización para el nuevo escenario. Y lo más importante, la formación del personal técnico. IPv6 no son sólo más IP, sino que es un protocolo nuevo con diferencias sustanciales respecto al IPv4 actual. Hay que pensar cómo manejar los actuales o nuevos equipos que vayan a soportar la cambiante infraestructura de red. Los fabricantes de routers más importantes, como Cisco Systems, Hitachi y Nortel Networks han desarrollado dispositivos compatibles con IPv6 con sus correspondientes controladores, de los cuales se espera que arrojen un alto rendimiento.

Hay resultados experimentales que muestran que una tabla de envío de IPv6 en un router que contenga más de 130k prefijos, que son generados por un esquema de redes y routers que trabajan en un ambiente de nueva generación, se les puede llegar a realizar veintidós millones de lookups por segundo, incluso esto es posible en el peor caso con sólo el soporte de 440 kbytes de SRAM y no más de tres KBytes de TCAM (Ternary Content Addressable Memory), que es un hardware especializado que completa el lookup en un intervalo constante de tiempo y que compara simultáneamente una dirección IP con todos los prefijos en la tabla de enrutamiento. Esto significa que se pueden soportar sistemas a diez Gbps que lleven a cabo estos lookups en configuración back-to-back manejando paquetes en promedio de sesenta bytes, con solo usar sistemas de memorias tipo on-chip. Marcas como Cisco Systems, se menciona que han trabajado desde la aparición de este protocolo en esta clase de disposiciones buscando implementar routers y switches de alto desempeño.

En cuanto al lookup de rutas y a la implementación de clasificación de paquetes se menciona que algunos pocos proveedores de equipos de redes tienen implementado en chips por separado estas operaciones (las de lookup y clasificación de paquetes), las cuales pueden estar dispuestas como parte de mecanismos de coprocesamiento o como un componente de un chipset para control de redes. Éstas son las funciones fundamentales que se necesitan para el soporte de las acciones toma de decisiones de envío y servicios de alto nivel como QoS y filtrado de paquetes IP, que son funciones imperativas para este nuevo protocolo. La mayoría de los desarrolladores emplean soluciones de software y algunos de ellos proporcionan interfaces para estos dispositivos TCAM como una opción. Obviamente esto implica

conocer mejor estas arquitecturas enfocadas en el control de las redes.

Los controladores de protocolos de red son partes fundamentales de los sistemas operativos. Por ejemplo, Windows NT dispone de un controlador IPv6 de prueba en Microsoft Research IPv6 Homepage. Por su parte, Trumpet ha desarrollado una versión de IPv6 Winsock para Windows.

De los OS tipo UNIX, hay versiones para AIX, BSDI, Compaq Tru64, Digital Unix, FreeBSD, Linux, NetBSD, OpenBSD y Solaris. La plataforma más habitual en el proyecto 6bone es FreeBSD sobre Intel.

Refiriéndose al software de soporte, se parte de que las actuales estructuras comerciales del mercado para control de red tienen dispuesto que su operación normal depende del predominio de la existencia del procesamiento en las redes; tales soluciones se basan, en gran medida, de software de terceros que actualmente está proporcionando un ambiente de fácil programación. En consecuencia, estas mejoras inciden en las tasas de mercadeo reducidas en tiempo para los fabricantes.

Mecanismos de transición a IPv6

La transición a IPv6 debe ser un proceso gradual en un marco de integración y no de sustitución.

Se han diseñado mecanismos (RFC 1933) que permiten la coexistencia de ambos protocolos. Destacan:

- **Dual stack:** Este mecanismo de transición permite a un enrutador, host o servidor utilizar un stack IPv4 y un stack IPv6 simultáneamente, lo que trae consigo dos grandes ventajas: por un lado, un nodo con dual stack puede comunicarse con nodos que solo tienen un stack IPv4 de manera nativa; y por el otro, también puede comunicarse con nodos que solo tengan habilitado el stack IPv6 de manera nativa.

Su principal desventaja es la necesidad de contar con una infraestructura de red que soporte el tráfico IPv6 de manera nativa.

- **Túneles:** Este mecanismo de transición permite a un enrutador IPv6, host IPv6 o servi-

dor IPv6 comunicarse con otras redes IPv6 a través de la infraestructura IPv4 actual. Esta técnica consiste en encapsular los paquetes IPv6 dentro de paquetes IPv4 y enviarlos, entonces, sobre una red IPv4 a un nodo IPv4 destino, el cual se encargará de extraer los paquetes IPv6 y entregarlos a su destino final. La principal ventaja de éste mecanismo de transición es que solo es necesario tener un dual stack en los nodos que servirán como extremos del túnel. Su principal desventaja es el retardo adicional ocasionado por el encapsulado y desencapsulado de paquetes IPv6 en datagramas IPv4 así como el tráfico de un mayor número de paquetes ocasionado por la reducción de espacio para datos en los datagramas IPv4 que contienen en paquetes IPv6.

- **Traducción de protocolos:** Este mecanismo de transición permite a un nodo que solo cuenta con el stack IPv6 habilitado en una red IPv6 comunicarse con otro nodo que solo tiene el stack IPv4 habilitado en una red IPv4. Sin embargo, esta técnica requiere tener habilitados mecanismos de traducción entre IPv4 e IPv6 en las orillas de ambas redes (routers).

La principal desventaja es que todo el peso de este mecanismo de transición recae en los dispositivos encargados de hacer dicha traducción, a los que no siempre se tiene acceso.

Conclusiones

- En cuanto al hardware y el software, la nueva tecnología requiere de nuevas características en estos para soportarla. Durante la transición varios sitios pueden que corran softwares que estén por lo menos parcialmente en desarrollo o en etapas experimentales, lo que indica que las fallas en el software y hardware serán muy comunes debido a la premura de lanzar otros nuevos.
- La asignación de direcciones en teoría se concibe más fácil, de hecho se parte del punto de contar con DHCP, la cual es una tecnología probada que requiere ser redimensionada y dispuesta en la forma en como vaya

a ser usada por los recursos objetivo. Esto implicaría más potencia en el procesamiento, las máquinas de routing deberán ser más intensivas de memoria y de CPU sin contar cómo debe ser el SW portado o un firmware adecuado para ello.

- Aunque IPv6 es un protocolo maduro, aún hay cuestiones no resueltas todavía, como el Multihoming, el Anycast, la semántica id. flujo, los escenarios de transición, etc.
- No hay que dejar que la permanencia de IPv4 impida que la evolución de las redes no siga adelante a buen ritmo como lo ha estado haciendo hasta ahora.
- El camino de IPv4 a IPv6 no es una cuestión de transición ni de migración, sino de evolución, de integración.
- No es fácil y es costoso adecuar la gran mayoría de dispositivos de red a la nueva versión de IPv6, no obstante en los beneficios del cambio se ve una tasa de retorno rápida de la inversión.
- El futuro es IP y la necesidad de dirección IP por persona se disparará en poco tiempo: 32 bits ya son insuficientes.

Bibliografía

- [1] Han-Chieh Chao; High Performance Switches and Routers. Edit Wiley Abril de 2007.
- [2] Patrick Grossetete, Ciprian Popoviciu, Fred Wetling; Global IPV6 Strategies: From Business Analysis to Operational Planning; Edit. Ciscopress.com.
- [3] Unión Internacional de Telecomunicaciones (<http://www.itu.int>)
- [4] Forum IPv6 (<http://www.IPv6forum.com>)
- [5] LACNIC (<http://www.lacnic.net>)
- [6] Cisco Systems (Sitio IPv6) (<http://www.cisco.com/IPv6>)
- [7] IDC (<http://www.idc.com>)
- [8] <http://www.bgpexpert.com/presentations/overstapv6.pdf>
- [9] <http://petersgriddle.net/2006/10/IPv6-has-heart-beat-but.html>
- [10] <http://www.IPv6.org/>
- [11] RFC1886 DNS Extensions to Support IP Version 6
- [12] RFC2461 Neighbor Discovery for IPv6
- [13] RFC2893 Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers

- [14] RFC4029 Scenarios and Analysis for Introducing IPv6 into ISP Networks
[15] RFC4192 Procedures for Renumbering an IPv6 Network without a Flag Day

Datos de los autores

Liliana Gutiérrez Rancruel es Ingeniera de Sistemas y Telecomunicaciones, candidata al magíster en Informática educativa. Es docente investigadora en la Universidad Cooperativa de Colombia.
rancruel027@hotmail.com

Fernando Vélez Varela es Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Especialista en Redes y Servicios Telemáticos. Magíster en Ingeniería (Estudios en Curso) Instructor CCAI-CCNA CISCO. Miembro de Primary Contact Distributed Management Task Force. Miembro de ACIEM (Asociación Colombiana de Ingenieros Electricistas, Electrónicos, Mecánicos y Afines). Docente Investigador. Programa Ingeniería de Sistemas. Grupo de Investigación Sinergia Uno. Categoría B Conciencias. Universidad Libre Seccional Cali. fernando.velez@gmail.com