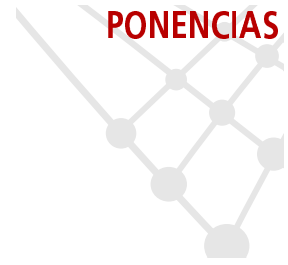


Nuevo modelo de punto de intercambio de tráfico en IPv6

New Traffic Interchange Model for IPv6

◆ J. A. García, J. L. Rubio, D. Fernández et al.



Resumen

Este artículo describe el modelo de Punto de Intercambio de Tráfico (IX) propuesto y estudiado para IPv6 en el contexto del proyecto de investigación europeo Euro6IX (European IPv6 Internet Exchanges Backbone). Su característica más significativa es la presencia de usuarios en el punto de interconexión y la asignación de direcciones a los mismos desde el propio IX, con el objeto de independizarlos del proveedor del que reciben servicio, facilitando así la elección de proveedores y el "multihoming".

Palabras clave: Punto de Intercambio de Tráfico, IX, Sistema Autónomo, SA, Proveedor de Servicios Internet, PSI, multihoming, IPv6, BGP, VNUML.

Summary

This paper describes an architectural model for an advanced IPv6 Internet Exchange proposed and studied in the context of Euro6IX (European IPv6 Internet Exchanges Backbone) European research project. The most significant feature is the presence of customers in the IX, as well as the IPv6 address delegation service from the IX, which allows customers to get ISP independent addresses, facilitating provider selection and multihoming services.

Keywords: Traffic Interexchange Point, IX, Autonomous System, AS, Internet Service Provider, ISP, multihoming, IPv6, BGP, VNUML.

1.- Arquitectura actual de Internet

La red Internet está formada en la actualidad por un gran número de Sistemas Autónomos (SA o AS). Un sistema autónomo es una agrupación de redes que se coordinan entre sí en su conexión con el resto de la red y ofrecen una política de encaminamiento común. Se identifican por un número de SA otorgado por los Registros Regionales de Internet (RIPE, ARIN, etc.) y se interconectan utilizando el protocolo de encaminamiento interdominio BGP.

Los SA pueden ser de muy diverso tamaño, desde grandes proveedores de tránsito internacional (denominados frecuentemente Long Haul Providers o Tier1 Providers), hasta redes de organizaciones finales, pasando por proveedores de muy diverso tamaño (continentales, nacionales, regionales, etc.).

La búsqueda de la fiabilidad en el acceso a Internet hace que un número importante de organizaciones finales se hayan constituido en la actualidad en sistemas autónomos, con el objeto de poder mantener conexiones simultáneas con varios proveedores (multihoming).

La interconexión entre los distintos SA suele resolverse mediante conexiones bilaterales, sobre todo si estamos hablando de contratos de tránsito (por ejemplo, entre un cliente y su proveedor). Sin embargo, cuando lo que se busca es establecer relaciones de intercambio de tráfico (peering) entre proveedores, resulta más provechoso y proporciona mayor escalabilidad el que éstas se realicen en un punto de intercambio de tráfico (IX) o punto neutro de interconexión.

Los puntos neutros tradicionales, como ESPANIX, LINX o HKIX, están formados por conmutadores, ATM o Ethernet, que resuelven la conectividad entre proveedores hasta el nivel 2 de la capa OSI. Utilizando esta infraestructura básica, los encaminadores de los proveedores con presencia en el IX establecen entre ellos sus sesiones de peering BGP, mediante las cuales intercambian la información de encaminamiento. En algunos casos, como por ejemplo HKIX, se dispone de un elemento central

◆
La búsqueda de la fiabilidad en el acceso a Internet hace que un número importante de organizaciones finales se hayan constituido en la actualidad en sistemas autónomos



No existe en IPv6 el direccionamiento independiente de proveedor, en el que se basan actualmente los servicios multihoming IPv4

llamado servidor de rutas, que mejora la escalabilidad al centralizar los intercambios de rutas y reducir así el número de sesiones BGP a mantener por cada proveedor. Otros IXs como LINX disponen de una arquitectura distribuida entre varios emplazamientos, gracias a las nuevas tecnologías de capa óptica.

En general los IX no están abiertos a cualquier proveedor. Suelen tener una política de admisión que determina quién puede o no tener presencia en sus infraestructuras. Esta política de admisión gobierna en buena medida los intereses y los modelos de negocio establecidos entre los proveedores.

En cuanto a la interconexión de los proveedores con las redes de usuarios finales, suele ser común utilizar líneas dedicadas, VPNs, servicios de agregación, etc. Sin duda, una situación deseable para los clientes finales consiste en disponer de su propio espacio de direccionamiento. Esto les permite cambiar de proveedor sin tener que cambiar sus direcciones IP, además de poder interconectarse con distintos proveedores simultáneamente, lo que redundaría en un servicio de conectividad con Internet más fiable y flexible. Estos servicios ya existen en la Internet de hoy basada en IPv4. Sin embargo su proliferación compromete seriamente la escalabilidad y la estabilidad de Internet.

2.- Modelo de encaminamiento en IPv6

Con el objeto de solucionar los graves problemas de escalabilidad de Internet, IPv6 propone la utilización de un modelo jerárquico estricto, en el cual los clientes de un proveedor utilicen direcciones delegadas de los rangos de su proveedor. De esta forma se garantiza la agregación de direcciones y la consiguiente reducción del tamaño de las tablas de encaminamiento. No existe en IPv6 el direccionamiento independiente de proveedor (PI), en el que se basan actualmente los servicios multihoming IPv4.

Sin embargo, este hecho dificulta el cambio de proveedor por parte de los clientes, algo que debe ser natural en un mercado liberalizado de servicios Internet. Con el fin de facilitar el cambio de proveedor en IPv6 se han propuesto diversas soluciones, por ejemplo, las que simplifican el reenumerado completo de una red [1].

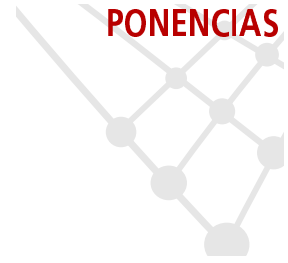
Adicionalmente, en la RFC 2374 se propuso la asignación de direcciones a clientes por parte de los IX, de forma que estos pudiesen mantener sus direcciones aun cuando cambiasen de proveedor. Basado en esta idea inicial, simplemente enunciada en la RFC 2374, nace la propuesta de arquitectura de punto de intercambio IPv6 desarrollada en Euro6IX [2] que se describe en los próximos apartados.

3.- Arquitectura y modelo funcional del nuevo IX para IPv6

La figura muestra el nuevo modelo de punto de intercambio de tráfico propuesto. Su principal característica es que, aparte de la conectividad de nivel 2 entre proveedores, proporciona servicios de nivel 3, principalmente la asignación de direcciones IP. Los clientes del IX se caracterizan por utilizar direcciones del rango asignado al IX (típicamente un prefijo /32) y pueden estar directamente conectados al IX o hacerlo a través de un proveedor regional. Este modelo de IX ha sido recientemente propuesto al IETF [3] como fruto del trabajo realizado en Euro6IX.

A continuación se describe brevemente cada uno de los elementos principales del nuevo IX:

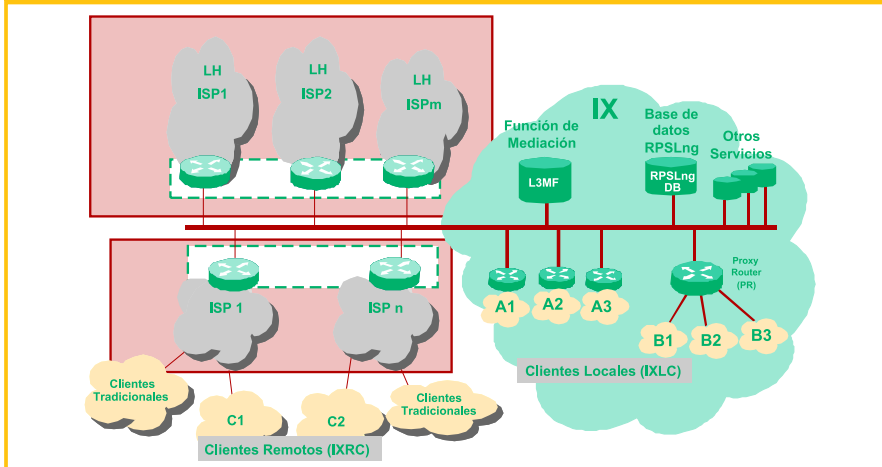
- **Conmutador de nivel 2.** Representado por un segmento Ethernet, es el encargado de garantizar la conectividad a nivel de enlace de alta capacidad entre los distintos elementos del IX. Representa la infraestructura tradicional de los puntos neutros.



- **Proveedores de tránsito.** Son proveedores con presencia en el punto de intercambio que están además interesados en dar servicio a los clientes del IX. Para ello establecen una sesión eBGP4 con el elemento mediador (L3MF), que funciona como intermediario en el plano de control entre los clientes y el proveedor. Sin embargo, el tráfico de datos se intercambia directamente entre los routers de los clientes y los de los proveedores (mediante la modificación del atributo nexthop de BGP).
- **Layer 3 Mediation Function (L3MF).** Es la entidad que agrupa las funciones de mediación del IX relativas a la delegación de direcciones a clientes. Puede incluir además la funcionalidad de servidor de rutas, tal como se menciona más adelante. Su función principal consiste en organizar el servicio entre los proveedores de tránsito y los clientes, pero manteniendo un plano de separación entre ambas entidades. Debe asegurar que el tráfico de un cliente se encamine a través del proveedor o proveedores que ha contratado. Debe además anunciar el prefijo asignado al IX hacia los proveedores presentes en el IX, de forma que éste sea conocido y los clientes estén accesibles.
- **Otros servicios.** Son servicios de red (QoS, AAA, monitorización, etc.) o de aplicación que ofrece el IX a sus clientes y proveedores. Tal como se propone en [3], su implantación en el IX ofrece ventajas, dada su localización estratégica.
- **Cientes Locales (IXLC).** Son clientes que utilizan direcciones del rango del IX y que además tienen conectividad directa con el mismo. Sin duda, la presencia de clientes en el IX es lo más novedoso del modelo, ya que permite ofrecerles un servicio a medida, que se realiza a través de una tabla de rutas BGP personalizada. Esta tabla estará formada por los anuncios de los prefijos aprendidos de los proveedores que solicite el cliente. Puede ser factible que varios clientes compartan un mismo servicio, que podría estar predefinido por el IX con el objeto de que se suscriban los clientes que no requieran un gran nivel de personalización.

El modelo permite identificar y contabilizar los flujos de tráfico establecidos entre los proveedores y los clientes

ARQUITECTURA DEL PUNTO DE INTERCAMBIO IPV6



Destacar que, aunque estamos permitiendo a los clientes tener presencia en el IX, esto no significa que puedan suscribirse a los servicios de forma gratuita. El modelo permite identificar y contabilizar los flujos de tráfico establecidos entre los proveedores y los clientes, por tanto no sólo podemos mantener los modelos de negocio actuales, sino que también se abren posibilidades a otros nuevos.



◆
El IX delimita la frontera entre los dos niveles jerárquicos que se proponen para la Internet de Nueva Generación: nivel internacional y nivel regional

Aunque en el modelo representamos los clientes IXLC con encaminadores con presencia directa en el IX, en la realidad este escenario podría estar implementado en base a servicios actuales de Redes Privadas Virtuales (RPV o VPN). Los clientes IXLC se podrían suscribir a los servicios del IX a través de los servicios de RPV de un operador que sí tenga presencia en el IX. Este tipo de servicios representará un ahorro significativo de costes para los clientes finales que quieran ser miembros de un IX.

- **Cientes Remotos (IXRC).** Son clientes con direccionamiento del IX, pero que no tienen presencia en el mismo. Están conectados a través de un proveedor regional que se ocupa de distribuir internamente en su red los prefijos (típicamente /48) asignados a sus clientes IXRC.

Los clientes y proveedores regionales representan el ámbito local o regional del IX. El IX delimita la frontera entre los dos niveles jerárquicos que se proponen para la Internet de Nueva Generación: nivel internacional y nivel regional. Este planteamiento simplificaría la estricta jerarquización planteada en IPv6. El nivel internacional se caracterizaría por intercambiar anuncios de prefijos IPv6 con longitudes iguales o menores a 32 bits, lo que garantizaría la escalabilidad y estabilidad de las tablas de encaminamiento globales. Por el contrario, el nivel regional sería más flexible en cuanto a la agregación de prefijos, lo que haría viable la implementación con IPv6 de los servicios actualmente definidos en IPv4. La inclusión en el nuevo modelo de IX de los clientes IXRC también da respuesta a los escenarios de migración de la red de IPv6 a IPv4.

3.1.- Servidor de rutas

Los servidores de rutas se diseñaron inicialmente con objeto de proporcionar escalabilidad a los IX. Su principal beneficio deriva de la reducción del número de vecindades BGP a establecer entre los encaminadores de un IX, ya que cada encaminador sólo necesita establecer una sesión BGP con el servidor de rutas.

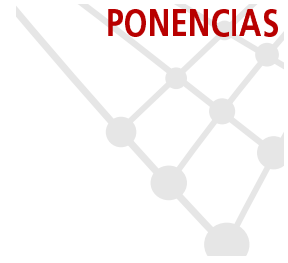
Un servidor de rutas no debe modificar la información que aprenden los encaminadores –debe ser transparente–, de forma que la tabla de rutas resultante en cada encaminador sea la misma cuando se utiliza el servidor de rutas o la topología totalmente mallada.

Dentro de las actividades desarrolladas en Euro6IX, se ha estudiado la utilización de un servidor de rutas para realizar las funciones del L3MF [4], de forma que se integre en un mismo elemento el servidor clásico y la función de intermediación propia del nuevo IX.

Para ello se estudiaron los distintos tipos de servidores de rutas y se diseñó e implementó el más adecuado: un servidor inteligente que mantiene tablas distintas para cada uno de los clientes BGP. Esta funcionalidad es básica en nuestros escenarios porque, a través de una única sesión BGP entre un cliente y el servidor de rutas, podemos intercambiar información donde un prefijo puede tener atributos distintos según proceda de un proveedor u otro. Por ejemplo, en la figura, el cliente A1 local puede requerir que el L3MF le anuncie una ruta por defecto procedente del proveedor de tránsito ISP1 y a la vez la misma ruta con mayor coste a través del proveedor ISP2. Este servicio permitiría al cliente A1 disponer de un proveedor redundante.

El servidor de rutas descrito se ha implementado sobre el demonio BGP de Quagga [5], el sucesor del conocido Zebra, y está ya integrado en sus distribuciones desde la versión 0.97.

Además se ha trabajado también en la integración en el IX de un servidor de políticas de encaminamiento basado en el lenguaje RPSLng [6] (RPSL extendido para soportar IPv6 y multicast). De



esta forma es posible definir las políticas de encaminamiento de proveedores y clientes del IX utilizando RPSLng, así como generar automáticamente las configuraciones del servidor de rutas y de los routers utilizando la herramienta RtConfig.

4.- Herramienta VNUML

Con el objeto de estudiar en profundidad y validar el modelo de IX para IPv6, se han emulado en el laboratorio diversos escenarios, utilizando tanto equipos reales como máquinas virtuales Linux.

Dado el alto coste en tiempo y recursos que tiene la emulación de escenarios complejos como un IX –compuesto por varias decenas de equipos–, desde el primer momento se planteó la utilización de herramientas de virtualización, que permitiesen construir los escenarios completos dentro de una sola máquina, aunque utilizando sistemas operativos y software real.

A tal efecto se diseñó y desarrolló una herramienta basada en el software de virtualización User Mode Linux (UML) [7] denominada Virtual Network User Mode Linux (VNUML) [8].

VNUML utiliza un lenguaje basado en XML con el objeto de describir entornos de red virtuales compuestos por redes (Ethernet) y nodos Linux. Dichos entornos pueden ser arrancados y gestionados de forma sencilla mediante una orden, liberando al usuario de la complejidad inherente a UML.

VNUML es un proyecto de código abierto (GPL) alojado actualmente en SourceForge.

El estudio y experimentación con la arquitectura de IX para IPv6 continúa en la actualidad en el contexto del proyecto Euro6IX

5.- Conclusiones

El estudio y experimentación con la arquitectura de IX para IPv6 descrita en este artículo continúa en la actualidad en el contexto del proyecto Euro6IX. Aparte de los resultados ya citados, como son la definición de la arquitectura y su implementación mediante un L3MF basado en routers comerciales o un servidor de rutas basado en Quagga, el desarrollo de la herramienta VNUML o la publicación del modelo en una propuesta al IETF, el trabajo continúa en la actualidad con la definición de otros servicios ofrecidos por el IX distintos de la delegación de direcciones y la posible implementación del modelo en uno de los IX que forman la red Euro6IX. Se plantea además estudiar los nuevos modelos de negocio que surgen de la nueva arquitectura.

El trabajo presentado ha sido parcialmente subvencionado por la Comisión Europea a través del proyecto European IPv6 Internet Exchanges Backbone (Euro6IX) del V Programa Marco de I+D.

Referencias

- [1] F. Baker, E. Lear, R. Droms. "Procedures for Renumbering an IPv6 Network without a Flag Day". Internet Draft. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-v6ops-renumbering-procedure-01.txt>
- [2] Proyecto Euro6IX. <http://www.euro6ix.org>
- [3] M. Morelli, J. Palet, D. Fernández, A. Gómez. "Advanced IPv6 Internet Exchange Model". Internet Draft. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-morelli-v6ops-ipv6-ix-00.txt>



- [4] D. Fernández, F. Galán, T. de Miguel. "Study and Emulation of IPv6 Internet Exchange based Addressing Models". IEEE Communications Magazine, Enero 2004.
- [5] Quagga Routing Suite. <http://www.quagga.net>
- [6] L. Blunk, J. Damas, F. Parent, A. Robachevsky. "Routing Policy Specification Language Next Generation (RPSLNg)". Internet Draft. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-blunk-rpslNg-08.txt>
- [7] User Mode Linux. <http://user-mode-linux.sourceforge.net/>
- [8] Virtual Network User Mode Linux (VNUML) Tool. <http://www.dit.upm.es/vnuml>

José Antonio García
(jantonio.garci@artelingenieros.com)

Artel Ingenieros

José Luis Rubio
(jlrubio@dit.upm.es)

David Fernández
(david@dit.upm.es)

Juan Quemada
(jqemada@dit.upm.es)

Dpto. de Ingeniería de Sistemas Telemáticos (DIT)
ETSIT - UPM

Mario Morelli
(Mario.Morelli@tilab.com)
Telecom Italia

Jordi Palet
(jordi.palet@consulintel.es)
Consulintel

Antonio F. Gómez
(skarmeta@dif.um.es)
Universidad de Murcia