

# Primeros pasos hacia multi-homing en IPv6<sup>1</sup>

Marcelo Bagnulo, Alberto García, David Larrabeiti, Arturo Azcorra  
Universidad Carlos III de Madrid

## Introducción

El uso masivo de las soluciones para multi-homing en IPv4 está comprometiendo el futuro de Internet al ser uno de los mayores contribuyentes al crecimiento explosivo en las tablas de enrutamiento de los routers centrales de la red. Una de las premisas del diseño de IPv6 fue la escalabilidad del sistema de enrutamiento, por lo que se desaconseja la inyección masiva de rutas en los routers centrales. Como resultado natural de esta política, no son directamente aplicables las técnicas utilizadas en IPv4 a IPv6, por lo que se han propuesto nuevos mecanismos. No obstante, las soluciones actualmente discutidas en el marco de IPv6 no ofrecen beneficios equivalentes a los conseguidos en IPv4, por lo que la necesidad de multi-homing en entornos críticos puede actuar como un obstáculo para la adopción del nuevo protocolo. La magnitud del problema y su complejidad se ha reflejado en la creación de un grupo específico en el Internet Engineering Task Force (IETF), conocido como multi6, y en el masivo interés que ha despertado en las últimas reuniones del IETF.

Se dice que un dominio administrativo es *multi-homed* si obtiene conectividad a Internet a través de dos o más conexiones. Esencialmente, este recurso es utilizado para mejorar algún aspecto la calidad de la conectividad a Internet. El más evidente es la tolerancia a fallos; el rango de fallos cubiertos depende de la solución empleada, pudiendo abarcar desde fallos del enlace, hasta fallos en el Punto de Interconexión (Exchange). Una solución óptima debería preservar la conectividad siempre y cuando exista al menos un camino válido. Algunos dominios utilizan multi-homing para evitar caminos congestionados, o con conectividad deficiente, mediante la selección del proveedor. Adicionalmente, este servicio se puede utilizar para cursar diferentes tipos de tráfico en distintos proveedores con el fin de obtener diversas calidades y precios.

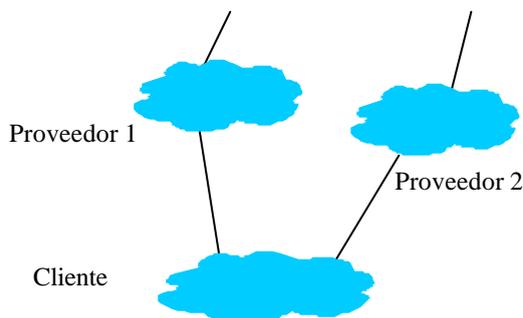


Fig 1. Un dominio multi-homed

En el mundo IPv4, cuando un nuevo dominio se conecta a Internet suele obtener un rango de direcciones de su proveedor. Si este dominio desea convertirse en multi-homed, obteniendo conectividad a través de otro proveedor, el rango de direcciones inicial se mantiene, difundiendo las rutas hacia el dominio por ambos proveedores. Este mecanismo consigue el efecto deseado de una forma muy simple, delegando en el sistema de enrutamiento tanto la provisión de una tolerancia a fallos óptima como la selección del mejor camino. No obstante, tiene un grave impacto en el sistema de enrutamiento global, porque cada nuevo dominio que se convierte en multi-homed es causa de la inyección de una nueva ruta en los routers centrales de Internet.

## 2- Taxonomía de las soluciones de multi-homing para dominios en IPv6.

En esta sección presentaremos tres diferentes aproximaciones a la provisión de servicios multi-homing: restricciones topológicas, ingeniería de direcciones, y multi-homing de extremo a extremo

### 2.1- Restricciones topológicas.

---

<sup>1</sup> Este trabajo ha sido financiado por el proyecto LONG (Laboratories Over Next Generation networks, IST 1999-20393)

La motivación para aplicar restricciones topológicas se basa en la observación de que la contribución de los dominios multi-homed a las tablas de enrutamiento de Internet se debe a que los diferentes caminos hacia el dominio sólo pueden llegar a ser agregados en una única ruta, si es que esto es posible, en la DFZ (Default Free Zone, o zona en la que los routers intercambian rutas explícitas, debido a que no hay rutas por defecto). La idea básica de esta aproximación es imponer puntos de agregación en algún punto de nivel inferior a la DFZ en la jerarquía de red, de modo que diferentes caminos (rutas) a un mismo dominio multi-homed puedan agregarse. Hay dos tipos posibles de restricciones, que son discutidas a continuación.

#### 2.1.- Restricciones en el punto de acceso a la red para dominios multi-homed

La opción más restrictiva consistiría en limitar las múltiples conexiones de un dominio multi-homed a un único proveedor. En este caso, una única ruta a este dominio se propagaría fuera del proveedor. Hay varias desventajas inaceptables en esta solución, como son la limitada tolerancia a fallos, y la reducida flexibilidad en el establecimiento de políticas de tráfico.

Esta propuesta se puede mejorar elevando el punto de agregación en la jerarquía de red, como es propuesto en la agregación basada en Puntos de Interconexión. En este caso, un rango de direcciones es asignado a un punto de interconexión, y todos los dominios conectados a través de proveedores con presencia en este podrían obtener sus direcciones de este rango. Esto permitiría que los dominios pudieran ser multi-homed con proveedores del mismo punto de interconexión sin necesidad de que se propaguen múltiples rutas fuera del punto de interconexión. Aunque esta propuesta ofrece más robustez que la anterior, aún mantiene un punto único de fallo en el Intercambiador. Cuán aceptable es esta solución, dependerá de las necesidades particulares de cada dominio.

#### 2.1.2- Restricciones en la topología de red

Se puede pensar en imponer restricciones a la red entera, en vez de imponerlas a los dominios que desean beneficiarse del multi-homing. Bajo este enfoque, se proponen los esquemas de agregación geográfica, tales como el Direccionamiento Independiente de Proveedor [1]. Estos esquemas buscan la agregación basándose en la proximidad geográfica, y para conseguirla, imponen que todos los proveedores de un área particular se encuentren en un punto de agregación del área, de forma análoga a la del sistema de telefonía. Cabe resaltar el impacto arquitectónico de estos puntos de agregación “centralizados”. No obstante, es importante destacar que, tal y como se afirma en [1], la agregación geográfica puede coexistir con otros esquemas de agregación, como la Basada en Proveedor usada actualmente en Internet.

#### 2.2- Ingeniería de direcciones

Las direcciones de Internet identifican no solo a un punto conectado a una red, sino también a la ruta para alcanzarlo. Dicho de otra forma, una dirección contiene tanto información de identificación, como información de enrutamiento. En el mundo IPv4, el hecho de que suela haber sólo una dirección asignada a cada interfaz oculta el problema presentado por esta ligazón. No obstante, en el mundo IPv6, en el que una interfaz suele tener varias direcciones, y en el que la agregación basada en proveedor impone diferentes rutas para prefijos delegados por diferentes proveedores, esta rígida asociación dificulta la posibilidad de utilizar rutas alternativas disponibles para un destino dado. Los enfoques de ingeniería de direcciones tratan de solventar este problema. Esencialmente, las direcciones de destino de los paquetes son cambiadas por otras con información de identificación equivalente, pero con distinta información de enrutamiento. Obviamente, la dirección inicial debe ser restaurada, para que el proceso actúe de forma transparente para los nodos extremos.

El mecanismo más fácil para realizar ingeniería de direcciones son los túneles. La idea básica subyacente es que los extremos de los túneles tienen conocimiento de que dos direcciones diferentes comparten la misma información de identificación, pero con distinta información de enrutamiento. De este modo, un extremo del túnel puede alcanzar el destino a través de dos caminos, bien enviando el paquete directamente, o encapsulándolo dentro de la dirección alternativa. La aplicación propuesta de este mecanismo a un dominio multi-homed [2] permite que los paquetes sean enviados a través de un proveedor alternativo, a través del túnel, cuando la ruta habitual no está disponible. El principal inconveniente de esta aproximación es su escasa tolerancia a fallos, limitada a los proveedores directos. De cara a mejorar la tolerancia a fallos de la solución, cierta información de estado, como la correspondencia entre diferentes direcciones que contengan información de identificación equivalente, pero diferente información de enrutamiento, puede ser almacenada en otro lugar. Por ejemplo, utilizando para ello una base de datos, como se propone en [3]. La complejidad es uno de los graves inconvenientes de esta solución, así como la introducción de un servidor en la arquitectura de enrutamiento basada en comunicación entre iguales. Otra posibilidad es almacenar este estado directamente en la capa IP de los

extremos, como se propone en [4]. El principal problema de esta propuesta es la dificultad que tienen los extremos en acceder a la información de rutas disponibles en la red.

### 2.3- Multi-homing de extremo a extremo

Otra opción es suponer que son los extremos los que tienen que resolver el problema, y no la red. Los extremos tendrán que gestionar las diferentes direcciones, y necesitarán saber cuándo utilizar cada una. También deberían ser capaces de gestionar flujos de paquetes con diferentes direcciones de destino. En el extremo, estas tareas se pueden realizar en dos niveles distintos: nivel TCP, o nivel de aplicación. Una solución de nivel de transporte es transparente para la aplicación, pero una solución específica debería ser desarrollada para cada diferente capa de transporte. El caso particular de TCP es abordado en [5], pero la solución para protocolos no orientados a conexión, como UDP, es menos clara. La capa de aplicación puede encargarse del problema, como sugiere [6], algo que impone obviamente que cada aplicación deba desarrollar un módulo para gestionar múltiples direcciones en caso de que el extremo que ejecute la aplicación esté situado en un dominio multi-homed.

El principal obstáculo que debe afrontar esta aproximación es la falta de información sobre el estado de la red en los extremos. Una posible solución sería confiar en que el extremo adivine este estado, es decir, que si una dirección falla, simplemente se probará otra.. Claramente, esta solución no es óptima, pudiendo incrementar los retardos en las comunicaciones. Otra solución puede consistir en obtener la información necesaria de algún elemento de la red, como los routers. Hay varias cuestiones abiertas en este enfoque, como la interacción entre el extremo y el router o cuán lejos del extremo reside la información necesaria.

### 3- Consideraciones finales

Se han presentado tres aproximaciones diferentes al problema de multi-homing. En el primero, se han impuesto restricciones en la conectividad. Estas restricciones pueden aplicarse sólo a los puntos de acceso de los dominios multi-homed, o a toda la red. Una buena opción para el primer caso es la asignación de direcciones a puntos de interconexión. Esta solución es aceptable en muchos casos, pero no para instituciones extendidas geográficamente que demanden alta tolerancia a fallos. La segunda opción es más ambiciosa, dado que pretende imponer un nuevo esquema de agregación, y para conseguirlo, requiere de puntos de encuentro en los que se agregue entre proveedores geográficamente cercanos. Este nivel de requisitos topológicos no se puede imponer fácilmente en una red como Internet en la que no hay dueño o una autoridad de regulación.

La segunda aproximación discutida se basa en la gestión de las direcciones para poder alcanzar el destino correcto a través de diferentes rutas. Presenta diferentes niveles de complejidad en función del dominio de tolerancia a fallos cubierto. Para dominios reducidos, la solución basada en túneles es simple y está disponible. Para dominios más extensos, la solución parece más compleja, e introduce puntos críticos de fallo en la red.

La tercera aproximación presentada es la realizada de extremo a extremo. En este caso, los nodos extremos gestionan las múltiples direcciones debidas al soporte de multi-homing. Este enfoque cubre el dominio apropiado de tolerancia a fallos, dado que las funciones de multi-homing residen en el extremo. Además, presenta otra característica deseable: la complejidad (es decir, el coste) recae en el sistema que obtiene los beneficios. Su principal problema es que es incompleta, dado que los extremos no poseen toda la información necesaria para seleccionar las direcciones de forma óptima.

[1] T. Hain, "An IPv6 Provider-Independent Global Unicast Address Format", trabajo en curso, 2001.

[2] T. Bates, Y. Rekhter, "Scalable Support for Multi-homed Multi-provider Connectivity", RFC 2260, 1998.

[3] M. Py, "Multi Homing Translation Protocol", trabajo en curso, 2001.

[4] F. Teraoka, M. Ishiyama, M. Kunishi, A. Shionozaki, "LIN6: A Solution to Mobility and Multi-Homing in IPv6", 2001.

[5] P. Tattam, "Preserving active TCP sessions", trabajo en curso.

[6] M. Ohta, "The Architecture of End to End Multihoming", trabajo en curso, 2001.