

**TABLA DE CONTENIDO**

| | |
|--|-----------|
| DIRECCIONES IPV6 | 1 |
| B-1. El espacio de direcciones. | 1 |
| B-2. Sintaxis de las direcciones IPv6. | 2 |
| B-3. Tipos de direcciones IPv6. | 5 |
| B-4. El modelo de direcciones. | 5 |
| B-5. Asignación de direcciones IPv6. | 6 |
| B-6. Direcciones Unicast. | 6 |
| B-6.1. Ejemplo de la dirección unicast. | 7 |
| B-6.2. Direcciones unicast globales. | 8 |
| B-6.3. Direcciones basadas en el aspecto geográfico. | 9 |
| B-6.4. Direcciones de enlace local. | 9 |
| B-6.5. Direcciones locales de sitio. | 10 |
| B-6.6. Direcciones sin especificar. | 11 |
| B-6.7. La dirección Loopback. | 11 |
| B-6.8. Direcciones IPv6 con direcciones IPv4 embebidas. | 11 |
| B-6.9. Direcciones NSAP. | 12 |
| B-6.10. Direcciones IPX. | 13 |
| B-7. Direcciones anycast. | 14 |
| B-8. Direcciones multicast. | 15 |
| B-9. Escogencia de la dirección para un nodo. | 19 |
| B-9.1. Direcciones de un Host. | 19 |
| B-9.2. Direcciones de un enrutador. | 19 |
| B-10. El identificador de interfaz EUI - 64. | 20 |
| BIBLIOGRAFIA | 21 |

**INDICE DE FIGURAS**

| | | |
|---------------|---|----|
| Figura B-1: | Visión no estructurada de una dirección IPv6 _____ | 7 |
| Figura B-2: | Dirección IPv6 y prefijo _____ | 7 |
| Figura B-3: | Ejemplo de una dirección unicast _____ | 8 |
| Figura B-4: | Dos niveles de jerarquía _____ | 8 |
| Figura B-5: | Direcciones unicast globales _____ | 8 |
| Figura B-6: | Dirección de enlace local _____ | 10 |
| Figura B-7: | Ejemplo típico de una dirección de enlace local _____ | 10 |
| Figura B-8: | Direcciones locales de sitio _____ | 11 |
| Figura B-9: | Típico ejemplo de direcciones locales de sitio _____ | 11 |
| Figura B-10: | Dirección IPv4 compatible con la dirección IPv6 _____ | 12 |
| Figura B-11: | Dirección IPv4 mapeada en una dirección IPv6 _____ | 12 |
| Figura B-12: | Tres formatos NSAP usados por ATM _____ | 13 |
| Figura B-13: | Dirección IPv6 extraída de una dirección NASP _____ | 13 |
| Figura B-14: | Dirección IPX _____ | 13 |
| Figura B-15 : | Dirección anycast _____ | 14 |
| Figura B-16: | Dirección multicast _____ | 15 |
| Figura B-17: | El campo flg _____ | 15 |



INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla B-1: Asignación del espacio de direcciones IPv6 | 2 |
| Tabla B-2: Entidades de registro existentes | 9 |
| Tabla B-3: Valores para scp | 16 |



DIRECCIONES IPV6

La principal innovación de las direcciones en IPv6, recae en su tamaño: 128 bits. Con 128 bits, 2^{128} direcciones están disponibles, que es aproximadamente 10^{38} direcciones o más exactamente, 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 direcciones. Si se estima que la superficie de la tierra es de 511.263.971.197.990 metros cuadrados, resulta que 655.570.793.348.866.943.898.599 direcciones IPv6 estarán disponibles para cada metro cuadrado de la superficie de la tierra, un número que es lo bastante grande, considerando la futura colonización de otros cuerpos celestiales. Si se quiere hacer gala de este tipo de aspectos, nada como el RFC 1607, llamado "Una mirada del siglo 21", que presenta un análisis "retrospectivo" supuestamente escrito entre los años 2020 y 2023 considerando aspectos que tocan al protocolo IPv6.

B-1. El espacio de direcciones.

Los diseñadores de IPv6 decidieron subdividir el espacio de direcciones de IPv6 basándose en los valores asumidos por los bits que se llevan en la dirección, el campo de la longitud de la variable que comprende estos bits se denomina, prefijo de formato (FP). El esquema de asignación adoptado, es el mostrado en la Tabla B-1.

En un primer vistazo a la tabla, se puede notar que solo el 15% está inicialmente utilizado en IPv6, esto deja al 85% del espacio de las direcciones sin asignar, para un uso futuro. Los prefijos de formato 001 a través de 111, a excepción de las direcciones multicast (1111 1111), son todos requeridos para tener identificadores de interfaz de 64-bits en el formato EUI-64. Las direcciones reservadas no deben ser confundidas con las no asignadas, estas representan el $1/256$ del espacio de direccionamiento (FP = 0000 0000) y son utilizadas para direcciones no especificadas, y los denominados loopback, también para direcciones IPv6 embebidas en direcciones IPv4. Otras direcciones reservadas son las direcciones NSAP (FP = 0000 001) que representan el $1/128$ del espacio de direcciones y puede ser derivada de los NSAP (Network Service Access Point). Este aspecto se especifica en el RFC 1888. De la misma manera, un espacio es reservado para las direcciones IPX (FP = 0000 010) que es el $1/128$ del espacio de direcciones. Estas direcciones pueden ser derivadas de las direcciones Novell IPX. El último tipo de direcciones reservadas es el basado en el requerimiento geográfico (FP= 100), que son las más similares a las direcciones IPv4. Las direcciones basadas en el aspecto geográfico fueron concebidas para ser asignadas al usuario final teniendo en cuenta la ubicación donde este se encuentra. Esta clase de direcciones no ganaron mucha popularidad debido a causas como: tablas de enrutamiento complejas. El espacio de direccionamiento, $1/8$ es reservado para este tipo de direcciones geográficas, de todas formas estas direcciones han sido removidas del último proyecto de arquitectura de direccionamiento de la IETF.



| Asignación | Prefijo (binario) | Fracción del espacio de direcciones |
|---|-------------------|-------------------------------------|
| Reservado | 0000 0000 | 1/256 |
| Sin asignar | 0000 0001 | 1/256 |
| Reservado para direcciones NSAP | 0000 001 | 1/128 |
| Reservado para direcciones IPX | 0000 010 | 1/128 |
| Sin asignar | 0000 011 | 1/128 |
| Sin asignar | 0000 1 | 1/32 |
| Sin asignar | 0001 | 1/16 |
| Agregado local para direcciones unicast | 001 | 1/8 |
| Sin asignar | 010 | 1/8 |
| Sin asignar | 011 | 1/8 |
| Reservado para direcciones basadas en direcciones geográficas | 100 | 1/8 |
| Sin asignar | 101 | 1/8 |
| Sin asignar | 110 | 1/8 |
| Sin asignar | 1110 | 1/16 |
| Sin asignar | 1111 0 | 1/32 |
| Sin asignar | 1111 10 | 1/64 |
| Sin asignar | 1111 110 | 1/128 |
| Sin asignar | 1111 1110 0 | 1/512 |
| Dirección de enlace local | 1111 1110 10 | 1/1024 |

Tabla B-1: Asignación del espacio de direcciones IPv6

Las siguientes direcciones unicast son usadas desde un comienzo:

- Agregado local para direcciones unicast (FP = 001), que representan el 1/8 del espacio de direccionamiento.
- Direcciones de enlace local (FP = 1111 1110 10), que representan el 1/1024 del espacio de direccionamiento.
- Direcciones locales de sitio (FP = 1111 1110 11), que representan el 1/1024 del espacio de direccionamiento.
- Direcciones multicast (FP = 1111 1111), que representan el 1/256 del espacio de direccionamiento.

B-2. Sintaxis de las direcciones IPv6.



Las direcciones IPv4 tienen 32 bits (4 octetos) de longitud. Cuando son escritos, cada octeto es la representación de un entero sin signo, y los 4 octetos son escritos como cuatro números decimales divididos por 3 puntos (. . .). Por ejemplo:

130.192.1.143

Para las direcciones IPv6, la definición de una sintaxis similar es necesaria, tomando en cuenta que las direcciones IPv6 son cuatro veces más largas. La sintaxis estandarizada por el RFC 1884 recomienda considerar 128 bits (16 octetos) de la dirección IPv6 como 8 enteros sin signo de 16 bits y escritos cada uno con cuatro dígitos hexadecimales, se dividen los números usando (:). Por ejemplo:

FEDC:BA98:7654:3210:FEDC:BA98:7654:3210

El ejemplo anterior pone de manifiesto la dificultad del manejo manual de las direcciones y la necesidad de servidores DHCP y DNS. Algunos diseñadores de IPv6 ven ciertas ventajas en la dificultad de los usuarios para recordar y escribir direcciones IPv6, de esta forma los usuarios se verán forzados a usar los nombres cada vez más y más, y ese problema de direcciones se convertirá en un asunto más de funcionamiento interno de la red y de enrutamiento de paquetes. No obstante, el anterior ejemplo no es del todo realista, el siguiente lo es más:

1080:0000:0000:0000:0008:0800:200C:417A
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0A00:0001

Formas más comprimidas para este tipo de representación, presentan evidentemente una reducción importante. Un atajo para ello, se deriva del hecho de que no se necesita escribir la totalidad de los ceros en cada grupo de dígitos, por ejemplo, se puede escribir 0, en lugar de 0000, 1 en lugar de 0001, 20 en lugar de 0020, y 300 en lugar de 0300. Si se aplica este atajo, las dos anteriores direcciones se transforman en:

1080:0:0:0:8:800:200C:417A
0:0:0:0:0:A00:1

Una futura simplificación es representada mediante el símbolo ::, que reemplaza una serie de ceros. Aplicando este atajo, en las dos direcciones del ejemplo anterior se tiene:

1080::8:800:200C:417A
::A00:1

Hay que notar que el anterior atajo puede ser aplicado una sola vez a una dirección. Se asume que una dirección IPv6 tiene una longitud fija, así que se puede calcular cuantos ceros han sido omitidos. Este atajo puede ser aplicado también al centro de la dirección (en el ejemplo este es el caso de la primera dirección), o a un extremo (en el ejemplo este es el caso de la segunda dirección), o también para eliminar ceros. Si se considera el caso de multicast, loopback, o direcciones sin especificar, se demuestra que útil es este atajo, de hecho la forma extendida de estas direcciones es como sigue:

FF01:0:0:0:0:0:43 Una dirección multicast.



0:0:0:0:0:0:1 Dirección loopback.
0:0:0:0:0:0:0 Dirección sin especificar.

Las cuales se pueden representar de la siguiente manera:

FF01::43 Una dirección multicast.
::1 Dirección loopback.
:: Dirección sin especificar.

Un caso especial es valido para las direcciones como 0:0:0:0:0:A00:. En donde se presentan 6 ceros seguidos, lo que indica que es una dirección IPv6 con una dirección IPv4 embebida. En particular esta dirección IPv6 es asociada con la dirección IPv4 10.0.0.1. Unicamente este caso puede tener una mezcla de notación IPv4/IPv6. En su forma extendida la dirección resultante es:

0:0:0:0:0:10.0.0.1

Y en su forma reducida se tiene:

:::10.0.0.1

La representación de los prefijos IPv6 es similar a lo que se hace con las direcciones IPv4, los prefijos están escritos en notación CIDR. Un prefijo de una dirección IPv6 esta representado por la notación IPv6-dirección/prefijo-longitud donde IPv6-dirección es cualquiera de las notaciones descritas anteriormente y prefijo-longitud es un valor decimal que especifica la longitud del prefijo en bits. Por ejemplo, para indicar una sub red con un prefijo de 80-bits, se puede realizar la siguiente notación:

1080:0:0:0:8::/80

Se debe tener en cuenta en este caso que los tres ceros centrales no pueden ser eliminados porque la notación :: ha sido utilizada una vez al final de la dirección. Por ejemplo, el prefijo de 60-bits:

12AB00000000CD3

Tiene las siguientes representaciones legales :

12AB:0000:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60
12AB::CD30:0:0:0/60
12AB:0:0:CD30::/60

De todas maneras, las siguientes representaciones no son legales:

12AB:0:0:CD3/60, debido a que se puede eliminar ceros, pero no acarrearlos dentro de cualquier pedazo de 16-bits de la dirección.
12AB::CD30/60 debido a que la dirección se expande a
12AB:0000:0000:0000:0000:0000:CD30
12AB::CD3/60 debido a que la dirección se expande a
12AB:0000:0000:0000:0000:0000:0CD3



La dirección del nodo y su prefijo pueden combinarse como se muestra aquí. Las líneas de dirección del nodo:

12AB:0:0:CD30:123:4567:89AB:CDEF

El prefijo: 12AB:0:0:CD30::/60

Se puede abreviar de la siguiente manera:

12AB:0:0:CD30:123:4567:89AB:CDEF/60

B-3. Tipos de direcciones IPv6.

La dirección de 128 bits en IPv6 es asociada con una interfaz o con un conjunto de interfaces. En particular, RFC 1884 identifica tres tipos de direcciones IPv6:

- Unicast: Este tipo de dirección posee una sola interfaz. Un paquete enviado a una dirección unicast es entregado únicamente a la interfaz identificada por esa dirección.
- Anycast: Este tipo de dirección que tiene un conjunto de interfaces que por lo general pertenecen a diferentes nodos. Un paquete enviado a una dirección anycast es entregado a solo una interfaz del grupo (la interfaz mas cercana al nodo fuente, de acuerdo con las métricas de enrutamiento).
- Multicast: Este tipo de dirección que tiene un conjunto de interfaces que pertenecen a diferentes nodos. Un paquete enviado a una dirección multicast es entregado a todas las interfaces que pertenecen al conjunto.

Una de las principales diferencias entre las direcciones IPv4 e IPv6 esta en las direcciones anycast y en la desaparición de las direcciones broadcast de IPv4, que son reemplazadas por las direcciones multicast de IPv6.

B-4. El modelo de direcciones.

Teniendo en cuenta que las direcciones pertenecen a las interfaces, no a los nodos, ocurre, que un nodo puede ser identificado por una dirección unicast asociada con sus interfaces. Una dirección unicast IPv6 hace referencia a una sola interfaz. Una sola interfaz puede tener asignadas más direcciones del mismo tipo o de diferentes tipos como por ejemplo (unicast, anycast, o multicast). Las siguientes son dos excepciones al modelo:

- Una sola dirección IPv6 puede ser asignada a un grupo de interfaces pertenecientes a un nodo, si la implementación IPv6 trata a ese grupo de interfaces como una interfaz, esto lo hace cuando presenta los paquetes a la capa IP. Esta capacidad es útil en sistemas tolerantes a fallos, en donde la presencia de una sola interfaz puede representar un único punto de falla.
- Los enrutadores pueden tener innumerables interfaces sin ninguna dirección. Este puede ser el caso de las interfaces en enlaces punto a punto, donde la presencia de direcciones no es esencial. Esta peculiaridad puede simplificar la configuración de los



enrutadores, pero su uso esta puesto en duda desde el punto de vista de gestión debido a que una referencia explícita a una interfaz sin dirección unicast, no es posible. En IPv6 se asume que una subred esta asociada con un enlace (o canal de comunicación). Más subredes pueden estar asociadas al mismo enlace, pero una subred no puede estar asociada a más de un enlace.

B-5. Asignación de direcciones IPv6.

Las direcciones IPv6 son únicas a nivel mundial, esta propiedad implica la existencia de una o más organizaciones que asignen estas direcciones. El RFC 1881 especifica que el espacio de direccionamiento IPv6 debe ser administrado por una pequeña autoridad central en la comunidad de Internet, siendo útil claro esta la cooperación de autoridades periféricas. La comunidad de Internet decidió que la entidad apropiada para realizar el trabajo de autoridad central debe ser IANA (Internet Assigned Numbers Authority). IANA basa la gestión del espacio de direccionamiento IPv6, en sugerencias provenientes de IAB (Internet Architecture Board) y también de IESG (Internet Engineering Steering Group). IANA delegará a entidades locales y regionales la tarea de especificar la asignación de direcciones a los proveedores de servicios. Individuos y organizaciones pueden obtener asignación de direcciones directamente de determinada entidad regional incluido aquí los proveedores de servicios. IANA tratará de impedir monopolios y abusos al respecto. IANA desarrollará un plan para la asignación inicial de direcciones, incluyendo una provisión para la asignación automática de direcciones para los titulares de direcciones. IANA también desarrollará procedimientos de mediación, petición y revocación. IANA ha identificado tres autoridades locales, para que colaboren con la asignación de direcciones:

- RIPE-NCC (Réseaux IP Européens Network Coordination Centre), para Europa.
- INTERNIC (Internet Network Information Center), para Norte América.
- APNIC (Asian and Pacific Network Information Center), para países de Asia y el Pacífico.
- LACNIC (Latinoamérica).

B-6. Direcciones Unicast.

Las direcciones unicast IPv6 son ininterrumpidas, además, son direcciones que de alguna forma se puede decir son similares a las direcciones IPv4 con la característica CIDR (Classless Inter-Domain Routing). Las direcciones unicast, tienen la característica de ser: unicast globales, basadas en el aspecto geográfico, IPv4, NSAP, IPX, de enlace local, de un sitio específico, no especificadas, y loopback. Que serán descritas en esta sección del capítulo. Los nodos IPv6 deben tener un pequeño conocimiento de la estructura interna de la dirección IPv6. En un caso simple, un nodo debe considerar una dirección IPv6 como una cadena de 128-bits, ver Figura B-1. Un nodo ligeramente más sofisticado, debe tener una visión de la dirección IPv6, estructurada en dos partes, mediante el prefijo que identifica la subred, ver Figura B-2. Los enrutadores pueden tener aun visiones más sofisticadas de la dirección y conocer así otros aspectos. El nivel de sofisticación de los enrutadores depende de la posición de los mismos en la jerarquía de enrutamiento.

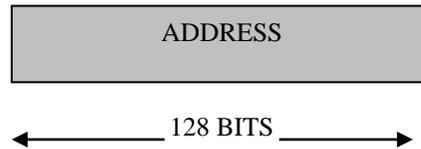


Figura B-1: Visión no estructurada de una dirección IPv6



Figura B-2: Dirección IPv6 y prefijo

B-6.1. Ejemplo de la dirección unicast.

El formato de un ejemplo de la dirección unicast que es muy común en LANs, es el que permite identificar el nodo dentro de la subred teniendo en cuenta sus 48-bits de dirección MAC. Hasta ahora, las direcciones MAC se componen de 48 bits, el estándar EUI-64 introduce direcciones MAC de 64 bits, para ser usadas en un futuro. Para adaptarse a este estándar, IPv6 utiliza identificadores basados en 64 bits, ver Figura B-3. El abonado ID identifica el grupo de direcciones asignadas a determinada organización. La subred ID divide este grupo en varias subredes, (en este caso, el prefijo será de 64 bits). La dirección MAC de 48 bits es extendida a 64 usando las reglas EUI-64, esta dirección es utilizada para identificar la interfaz dentro de la subred. El uso de las direcciones MAC hacen posible en una forma muy simple, la autoconfiguración: La interfaz puede adquirir los primeros bits del enrutador y autoconfigurar su dirección por medio de la unión de esos bits con los 64 bits derivados de su dirección MAC. En caso de que la interfaz no tenga una dirección MAC, otras direcciones de la capa 2 pueden ser utilizadas por ejemplo, direcciones E.164 (números RDSI) para interfaces de redes públicas. Si la organización es particularmente amplia, se puede decidir que únicamente un nivel de la jerarquía interna no es suficiente y se debe configurar dos niveles de jerarquía: área y subred. Esta solución se ilustra en la Figura B-4. Usando una interfaz ID más pequeña que 64 bits, es lo deseable, de esta forma se deja más espacio a los campos área ID y subred ID.

De cualquier forma, la partición principal representa los restos entre la dirección de interfaz y la parte restante de la dirección. De hecho, cuando un nodo envía un paquete, chequea si la dirección de destino es asequible a través de una de sus interfaces, esto es, mientras que el nodo destino este conectado a uno de sus enlaces. Para ejecutar esta operación, es esencial conocer la longitud del prefijo de la subred independientemente de la existencia de los niveles de jerarquía.



Este número es $n = 128$ longitud (dirección de la interfaz), de acuerdo con lo descrito en la Figura B-2.

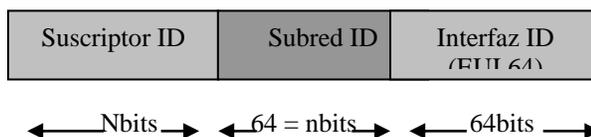


Figura B-3: Ejemplo de una dirección unicast

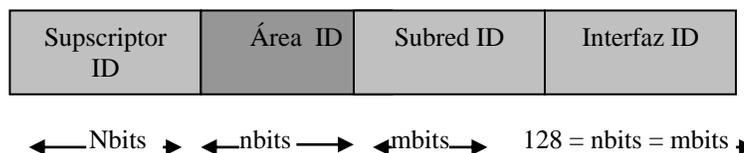


Figura B-4: Dos niveles de jerarquía

B-6.2. Direcciones unicast globales.

Este tipo de direcciones están especificadas en la arquitectura de direcciones de IPv6. Estas direcciones, que son caracterizadas por FP = 001, se ilustran en la Figura B-5.



Figura B-5: Direcciones unicast globales

El campo TLA ID (top-Level Aggregation Identifier) es asignado a una organización que posee una topología de tránsito pública. No es asignada a una organización con topología de tránsito privada. IANA asignará bloques pequeños de TLA ID a las entidades de registros para IPv6. En el momento existen cuatro entidades registros, ver Tabla B-2. El campo NLA ID (Next-Level Aggregation Identifier) es utilizado por organizaciones que utilizan el TLA ID para crear jerarquía de direcciones y para identificar sitios (los usuarios ISP). El campo SLA ID (the Site-Level Aggregation Identifier), es utilizado por usuarios que utilizan el TLA ID para crear jerarquía de direcciones dentro de sus sitios, incluyendo usualmente el identificador de la subred. Este tipo de asignaciones satisfacen a la mayoría de usuarios, los cuales tienen a su disposición 64 mil subredes, cada una de un tamaño ilimitado. El debate existente en este tipo de direcciones es el referente a la relación entre direccionamiento y enrutamiento, ambos dentro del mismo dominio o entre diferentes dominios.



B-6.3. Direcciones basadas en el aspecto geográfico.

Este tipo de direcciones han sido estudiadas y propuestas en el proyecto SIP, pero una decisión final acerca de su uso no a sido aun tomada, debido a que los ISPs se oponen fuertemente a ellas. En los últimos borradores de IETF, estas direcciones ya no se encuentran presentes.

Así que para destacar estas direcciones, el mundo debe subdividirse en continentes, luego en regiones, y después en áreas metropolitanas. Todos los ISPs que sirven determinada área deben interconectarse para enrutar los paquetes correctamente. De esta forma, las direcciones pueden ser directamente asignadas a los usuarios finales que mantienen dichas direcciones aun si se cambia los ISPs. La oposición de los ISPs esta basada en la complejidad de la gestión de las tablas de enrutamiento.

| Campo de acción | Autoridad |
|-----------------|-----------|
| Multiregional | IANA |
| Europa | RIPE-NCC |
| Norte América | INTERNIC |
| Asia y Pacífico | APNIC |
| Latinoamerica | LACNIC |

Tabla B-2: Entidades de registro existentes

Las direcciones basadas en el aspecto geográfico no se han abandonado definitivamente, ya que de todas maneras el espacio de asignación de direcciones es de 1/8 (FP = 100). No obstante, en el momento, no existe plan para su utilización.

B-6.4. Direcciones de enlace local.

Las direcciones de enlace local (FP = 1111 1110 10) han sido designadas para ser usadas en cada enlace cuando se utiliza la autoconfiguración y la función de descubrimiento de vecindario. Su formato es ilustrado en las figuras B-6 y B-7. Si se supone que se tiene una pequeña LAN con unos pocos PCs conectados y sin un enrutador, en este caso, la dirección de enlace local es la única dirección que se considera. Por ejemplo un computador con una dirección MAC de 08-00-02-12-34-56. Si se asume que los 48 bits MAC son utilizados como la interfaz ID, el enlace IPv6 local de los PCs es:

FE80:0000:0000:0000:0800:0212:3456

En su forma comprimida:

FE80::800:0212:3456

En contraste, si se asume que los 64-bits tomados de EUI-64, son utilizados, para tomarlos como interfaz, el enlace IPv6 local de los PCs es:



FE80:0000:0000:0000:0A00:02FF:FE12:3456

En su forma comprimida:

FE80::A00:2FF:FE12:3456

Hay que tener en cuenta que los enrutadores nunca deben retransmitir los paquetes IPv6 que tienen una dirección de enlace local como dirección fuente.

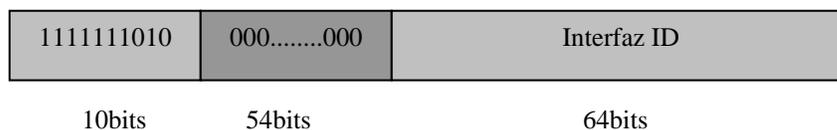


Figura B-6: Dirección de enlace local

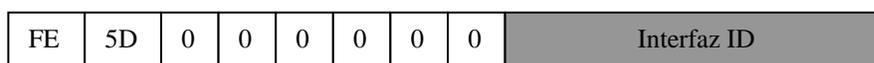


Figura B-7: Ejemplo típico de una dirección de enlace local

B-6.5. Direcciones locales de sitio.

Las direcciones locales de sitio (FP = 1111 1110 11) están designadas para reemplazar a las direcciones IPv4 definidas por los RFCs 1597 y 1918, para uso en Intranets. Este tipo de direcciones son ideales para organizaciones no conectadas a la red de Internet. No necesitan ningún tipo de registro, y tienen el formato de que se muestra en la Figura B-8, cuando la conexión a Internet es deseada por parte de estas organizaciones, estas direcciones deben ser cambiadas a las direcciones unicast globales. El formato típico de las direcciones locales de sitio es ilustrado en la Figura B-9. Una red que utilice las direcciones locales de sitio, puede ser compleja, debido a que la presencia del campo subred en dos octetos lleva a tener mas de 64 mil diferentes subredes, cada una prácticamente de tamaño indefinido. Un enrutador con interfaz IEEE 802.3 y dirección MAC 00-00-0C-12- 34-56 conectado a la subred 17 tendrá, en la interfaz, la siguiente dirección local de sitio IPv6, usando la dirección MAC de 48 bits como el identificador de interfaz:

FEC0:0000:0000:0000:0011:0000:0C12:3456

En su forma reducida:

FEC0::11:0:C12:3456

Si se utiliza la dirección MAC propuesta por EUI-64 MAC, como el identificador de interfaz la dirección local de sitio es como la siguiente:

FEC0:0000:0000:0011:0200:0CFF:FE12:3456

Su forma comprimida es:

FEC0::11:200:CFF:FE12:3456



Hay que tener en cuenta que los enrutadores, deben tomar los paquetes IPv6 que tengan la dirección de enlace local y retransmitirlos entre diferentes subredes del mismo sitio.

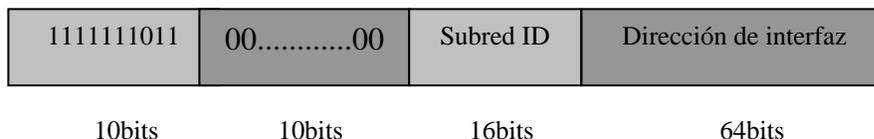


Figura B-8: Direcciones locales de sitio

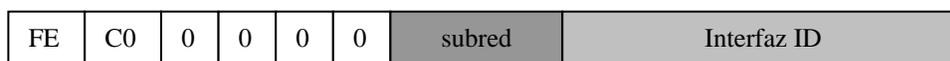


Figura B-9: Típico ejemplo de direcciones locales de sitio

B-6.6. Direcciones sin especificar.

La dirección 0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000 también es llamada: dirección sin especificar, y puede ser escrita en la forma compresada así: ::, nunca debe ser asignada a ninguna interfaz, porque indica a ausencia de una dirección IPv6. Puede ser utilizada como una dirección fuente, por un nodo, durante la fase de configuración, cuando el nodo esta tratando descubrir su dirección IPv6. Tampoco la dirección sin especificar debe ser usada como dirección destino o en la cabecera de enrutamiento.

B-6.7. La dirección Loopback.

La dirección 0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001 es también llamada dirección loopback address, en su forma comprimida: ::1, es utilizada por un nodo que envía un paquete IPv6 a el mismo. Nunca esta dirección debe ser asignada a ninguna interfaz. Un nodo no debe transmitir paquetes IPv6, fuera de si mismo, con direcciones loopback ya sea como fuente o destino.

B-6.8. Direcciones IPv6 con direcciones IPv4 embebidas.

El mecanismo de transición de IPv4 a IPv6 incluye un procedimiento para que dinámicamente un túnel de paquetes IPv6 sobre una infraestructura de enrutamiento IPv4. Los nodos IPv6 que usan esta técnica tienen asignadas direcciones especiales unicast IPv6, que cargar las dirección IPv4 en orden menor a 32 bits, como se ilustra en la Figura B-10. Estas direcciones son llamadas IPv4 compatible con direcciones IPv6. Un ejemplo de este tipo de direcciones es el siguiente:

::130.192.252.27



Un segundo tipo de direcciones IPv6 que mantienen a las direcciones IPv4 embebidas son llamadas: IPv4-mapeada con dirección IPv6, ver la Figura B-11. Este segundo tipo de direcciones es utilizado para representar la dirección de un nodo IPv4 en la forma IPv6. Un ejemplo de esto es el siguiente:
::FFFF:130.192.252.27

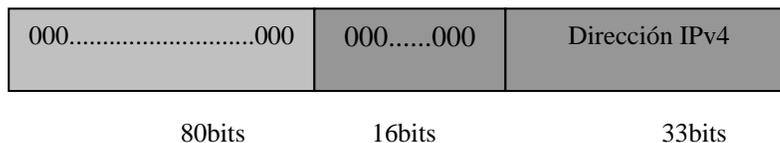


Figura B-10: Dirección IPv4 compatible con la dirección IPv6

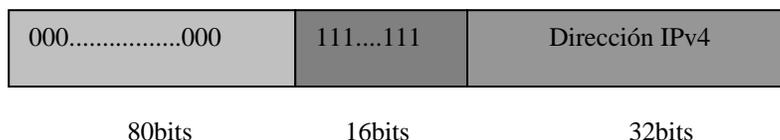


Figura B-11: Dirección IPv4 mapeada en una dirección IPv6

B-6.9. Direcciones NSAP.

Hoy en día, el uso de direcciones IPv6 derivadas de ISO/OSI NSAP (FP = 0000 001), sigue siendo considerado. Una propuesta en esta dirección es especificada en el RFC 1888. Las direcciones NSAP son cadenas binarias más grandes de 20 octetos, definidas en el proyecto de OSI por medio del estándar ISO 8348. En el pasado, se mantuvo cierto interés, debido a que algunas organizaciones decidieron adoptar los protocolos no orientados a conexión de la capa 3, específicamente el ISO 8473, que utiliza este tipo de direcciones. Las direcciones NSAP permiten siete posibles subformatos, muchos de los cuales están obsoletos. Tres subformatos han sido resumidos y son utilizados actualmente con la técnica de ATM, estos subformatos son mostrados en la Figura B-12. De primera vista, se puede ver que la derivación de las direcciones IPv6 comienza con las direcciones NSAP, ver Figura B-13, claramente se presentan problemas debido a que las direcciones NSAP de 160 bits más grande que las direcciones IPv6 de 128 bits.

Estos problemas tienen tres posibles soluciones:

- Crear una regla para mapear los campos NSAP dentro de los campos de la dirección IPv6, esta solución es posible, debido a que no todos los campos de la dirección NSAP se utilizan.
- Truncar la dirección NSAP y usar esto para enrutamiento, mientras la dirección completa NSAP es transportada dentro la opción destino, para este propósito, una opción llamada: NSAPA ha sido definida y es identificada por el valor de 195 en el campo tipo.
- Utilizar la dirección IPv6 normal para el enrutamiento y transportar la completa dirección NSAP dentro de la opción destino. Para una completa descripción de este tipo de direcciones se puede consultar el RFC 1888.



DCC: digial country code, del formato ATM

| | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-------|------|------|----------|-------------|-------|
| AFI | DCC | DFI | AA | RSFD | HD | área | EAI | RFL |
| 0 | 1 2 | 3 | 4 5 6 | 7 8 | 9 10 | 11 12 13 | 14 15 16 17 | 18 19 |

ICD: international code designer, del formato ATM

| | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-------|------|------|----------|-------------|-------|
| AFI | ICD | DFI | AA | RSFD | HD | área | EAI | RFL |
| 0 | 1 2 | 3 | 4 5 6 | 7 8 | 9 10 | 11 12 13 | 14 15 16 17 | 18 19 |

E164, del formato ATM

| | | | | | |
|-----|-------|----|------|-----|-----|
| AFI | I.100 | HD | área | EAI | RFL |
|-----|-------|----|------|-----|-----|

Figura B-12: Tres formatos NSAP usados por ATM

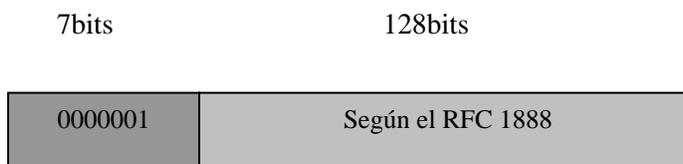


Figura B-13: Dirección IPv6 extraída de una dirección NASP

B-6.10. Direcciones IPX.

La operación del sistema Novell es indudablemente uno de los mas difundidos en el mundo de las redes de computadores. Este software puede soportar varios protocolos de capa 3, pero el protocolo de preferencia para el trabajo en red es el IPX. El protocolo IPX es un protocolo no orientado a conexión, que asigna direcciones a interfaces de una manera muy similar al protocolo IP. Estas direcciones tienen el formato mostrado en la Figura B-14, tienen dos partes: seis octetos contienen la dirección de interfaz (muy frecuentemente la dirección MAC), y cuatro octetos que contienen el segmento ID. El concepto de segmentos es similar al concepto de subredes en IP.



Figura B-14: Dirección IPX



B-7. Direcciones anycast.

Las direcciones anycast no tienen un espacio de direccionamiento separado (no existen valores específicos de FP, para este tipo de direcciones), simplemente se suelen clasificar como direcciones unicast asignadas a más de una interfaz. Cuando una dirección anycast es asignada a una interfaz, debe ser explícitamente configurada para conocer que es una dirección anycast, esta información es usualmente especificada por un calificador en el momento de la asignación.

Un posible uso de este tipo de direcciones es el de identificar un conjunto de enrutadores pertenecientes a un ISP dado, o a todos los enrutadores conectados a una subred dada, o a todos los enrutadores de frontera hacia otros dominios. Para cada dirección anycast, un prefijo P identifica la región topológica en la cual todas las interfaces pertenecientes a esa dirección anycast. Dentro de esta región, esto es, en este conjunto de subredes cada interfaz asociada con la dirección anycast debe ser anunciada como una entrada separada en las tablas de enrutamiento de los enrutadores, así que la interfaz más cercana perteneciente al conjunto anycast puede ser identificada. Si el prefijo P es nulo, los miembros del conjunto no tienen una locación topológica. En este caso, la dirección anycast debe ser anunciada como una entrada separada a lo largo de la Internet, esto ofrece un grave ascenso en cuanto al número de conjuntos anycast globales se pueden soportar. Después de considerar estos problemas de la dirección anycast, el RFC 1884 impone las siguientes restricciones en el uso de direcciones anycast IPv6:

- Las direcciones anycast no deben ser usadas como direcciones fuente en los paquetes IPv6.
- Las direcciones anycast no deben ser asignadas a los host IPv6, esto es, este tipo de direcciones pueden ser asignadas solo para enrutadores IPv6.

La única dirección anycast definida hasta ahora es la dirección para enrutador perteneciente a una subred, su formato es mostrado en la Figura B-15. El uso que se pretende dar de este tipo de dirección, es la identificación de un conjunto de enrutadores conectados a un enlace dado. El prefijo de subred debe coincidir con el prefijo de la subred asociada con el enlace. Un paquete enviado a un enrutador de la subred con una dirección anycast, será entregado por un enrutador conectado a ese enlace. Todos los enrutadores requieren recibir paquetes expedidos por un enrutador perteneciente a la subred mediante la dirección anycast, en todas las subredes donde estos enrutadores tengan interfaces.

La dirección anycast que utilizan los enrutadores de la subred es útil, para resolver el problema presentado en IPv4, en cuanto a la configuración manual de la compuerta por defecto en todos los hosts, o también es útil para los hosts móviles que necesitan comunicarse con uno de los enrutadores en su red local.

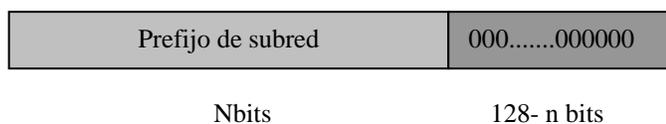


Figura B-15 : Dirección anycast



B-8. Direcciones multicast.

La posibilidad de implementar transmisiones multicast en la Internet, fue desarrollada en 1988 con el advenimiento de las direcciones IPv4 clase D. Este aspecto es utilizado ampliamente por las nuevas aplicaciones multimedia, que frecuentemente necesitan transmitir desde un nodo a varios nodos. Para este propósito, existen especificaciones en IPv6 y espacio de direcciones determinado por FP = 1111 1111, este formato es ilustrado en la Figura B-16. El campo flg, bandera, tiene 4 bits de largo, y su estructura es mostrada en la Figura B-17. Los primeros 3 bits están reservados para un usos futuros y deben colocarse a cero.

El bit T puede asumir dos valores diferentes: T = 0 indica una asignación permanente de direcciones multicast, asignación hecha por IANA. T = 1 indica una dirección multicast transiente, que no es permanentemente asignada. El campo de 4-bits scp (scope) es utilizado para limitar el alcance del grupo multicast. Posibles valores para este campo son indicados en la Tabla B-3. El campo de 112-bits ID identifica el grupo multicast, ya sean permanentes o transitorios, dentro de un alcance dado. Esto significa, que iguales grupos con igual ID, pueden simultáneamente utilizar diferentes partes de la red sin interferirse el uno al otro, si sus alcances están separados. El significado de dirección multicast con asignación permanente es independiente del valor del alcance. Considerando por ejemplo, el NTP(network time protocol), un grupo de 15 servidores, que es el grupo permanente, identificado con el número 43 hexadecimal, todas las siguientes direcciones pertenecientes al grupo 43 tienen diferente significados:

- FF01::43 significa que todos los servidores NTP, en el mismo nodo, son los que envían.
- FF02::43 significa que todos los servidores NT, en el mismo enlace, son los que envían.
- FF05::43 significa que todos los servidores NTP, en el mismo sitio, son los que envían.
- FF0E::43 significa que todos los servidores NTP , en la misma red.

Las direcciones transcientes pueden ser asociadas con diferentes aplicaciones en diferentes partes de la red. Más aún, las direcciones multicast no deben usarse como dirección fuente o aparecer en ninguna cabecera de enrutamiento.



Figura B-16: Dirección multicast



Figura B-17: El campo flg



| SCP | SIGNIFICADO |
|-----|----------------------------|
| 0 | Reservado. |
| 1 | Alcance nodo local. |
| 2 | Alcance enlace local. |
| 3 | Sin asignar |
| 4 | Sin asignar |
| 5 | Alcance sitio local. |
| 6 | Sin asignar. |
| 7 | Sin asignar. |
| 8 | Alance organización local. |
| 9 | Sin asignar. |
| A | Sin asignar. |
| B | Sin asignar. |
| C | Sin asignar. |
| D | Sin asignar. |
| E | Alcance global. |
| F | Reservado. |

Tabla B-3: Valores para scp

Direcciones multicast reservadas.

Las siguientes son direcciones multicast reservadas para uso futuro.

FF00:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF01:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF02:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF03:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF04:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF05:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF06:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF07:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF08:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF09:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF0A:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF0B:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF0C:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF0D:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF0E:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
FF0F:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000

Direcciones de nodos.

Las siguientes direcciones multicast, identifican el grupo de todos los nodos IPv6, dentro del alcance 1 (nodo local) y el alcance 2 (enlace local):

FF01:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
FF02:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001

**Direcciones de enrutadores.**

Las siguientes direcciones multicast, identifican el grupo de todos los enrutadores, dentro del alcance 1 (nodo local), el alcance 2 (enlace local), y el alcance 5 (sitio local):

FF01:0000:0000:0000:0000:0000:0002

FF02:0000:0000:0000:0000:0000:0002

FF05:0000:0000:0000:0000:0000:0002

Direcciones multicast de solicitud de nodo.

Direcciones multicast desde el rango de:

FF02:0000:0000:0000:0000:0001:FF00:0000

Hasta:

FF02:0000:0000:0000:0000:0001:FFFF:FFFF

Son reservadas por el protocolo de descubrimiento de vecindario dentro del enlace. Se forman tomando ordenes menores de 32 bits de la dirección (unicast o anycast) y se anexa a estas el siguiente prefijo:

FF02:0000:0000:0000:0000:0001

Por ejemplo: para la dirección unicast global:

2037::01:800:200E:8C6C

es asociada con la dirección de descubrimiento de vecindario:

FF02::1:FF0E:8C6C

Otras direcciones multicast.

Se definen como las siguientes:

FF02:0:0:0:0:0:0:4 DVMRP Routers
FF02:0:0:0:0:0:0:5 OSPFIGP
FF02:0:0:0:0:0:0:6 OSPFIGP Designated Routers
FF02:0:0:0:0:0:0:7 ST Routers
FF02:0:0:0:0:0:0:8 ST Hosts
FF02:0:0:0:0:0:0:9 RIP Routers
FF02:0:0:0:0:0:0:A EIGRP Routers
FF02:0:0:0:0:0:0:B Mobile-Agents
FF02:0:0:0:0:0:0:D All PIM Routers
FF02:0:0:0:0:0:0:E RSVP-Encapsulation
FF02:0:0:0:0:0:1:1 Link Name
FF02:0:0:0:0:0:1:2 All-dhcp-agents
FF05:0:0:0:0:0:1:3 All-dhcp-servers
FF05:0:0:0:0:0:1:4 All-dhcp-relays



FF05:0:0:0:0:1:1000
to FF05:0:0:0:0:1:13FF Service Location
FF0X:0:0:0:0:0:100 VMTP Managers Group
FF0X:0:0:0:0:0:101 Network Time Protocol (NTP)
FF0X:0:0:0:0:0:102 SGI-Dogfight
FF0X:0:0:0:0:0:103 Rwhod
FF0X:0:0:0:0:0:104 VNP
FF0X:0:0:0:0:0:105 Artificial Horizons
FF0X:0:0:0:0:0:106 NSS - Name Service Server
FF0X:0:0:0:0:0:107 AUDIONEWS - Audio News
FF0X:0:0:0:0:0:108 SUN NIS+ Information Service
FF0X:0:0:0:0:0:109 MTP Multicast Transport Protocol
FF0X:0:0:0:0:0:10A IETF-1-LOW-AUDIO
FF0X:0:0:0:0:0:10B IETF-1-AUDIO
FF0X:0:0:0:0:0:10C IETF-1-VIDEO
FF0X:0:0:0:0:0:10D IETF-2-LOW-AUDIO
FF0X:0:0:0:0:0:10E IETF-2-AUDIO
FF0X:0:0:0:0:0:10F IETF-2-VIDEO
FF0X:0:0:0:0:0:110 MUSIC-SERVICE
FF0X:0:0:0:0:0:111 SEANET-TELEMETRY
FF0X:0:0:0:0:0:112 SEANET-IMAGE
FF0X:0:0:0:0:0:113 MLOADD
FF0X:0:0:0:0:0:114 any private experiment
FF0X:0:0:0:0:0:115 DVMRP on MOSPF
FF0X:0:0:0:0:0:116 SVRLOC
FF0X:0:0:0:0:0:117 XINGTV
FF0X:0:0:0:0:0:118 microsoft-ds
FF0X:0:0:0:0:0:119 nbc-pro
FF0X:0:0:0:0:0:11A nbc-pfn
FF0X:0:0:0:0:0:11B lmsc-calren-1
FF0X:0:0:0:0:0:11C lmsc-calren-2
FF0X:0:0:0:0:0:11D lmsc-calren-3
FF0X:0:0:0:0:0:11E lmsc-calren-4
FF0X:0:0:0:0:0:11F ampr-info
FF0X:0:0:0:0:0:120 mtrace
FF0X:0:0:0:0:0:121 RSVP-encap-1
FF0X:0:0:0:0:0:122 RSVP-encap-2
FF0X:0:0:0:0:0:123 SVRLOC-DA
FF0X:0:0:0:0:0:124 rln-server
FF0X:0:0:0:0:0:125 proshare-mc
FF0X:0:0:0:0:0:126 dantz
FF0X:0:0:0:0:0:127 cisco-rp-announce
FF0X:0:0:0:0:0:128 cisco-rp-discovery
FF0X:0:0:0:0:0:129 gatekeeper
FF0X:0:0:0:0:0:12A iberiagames
FF0X:0:0:0:0:0:202 SUN RPC PMAPPROC_CALLIT
FF0X:0:0:0:0:2:0000
to FF0X:0:0:0:0:2:7FFD Multimedia Conference Calls
FF0X:0:0:0:0:2:7FFE SAPv1 Announcements



FF0X:0:0:0:0:2:8000
to FF0X:0:0:0:0:2:FFFF SAP Dynamic Assignments

B-9. Escogencia de la dirección para un nodo.

Una inquietud razonable es: cuál dirección debe tener determinado nodo?, la respuesta se puede extraer del RFC 1884, que tiene una lista de todas las direcciones que un nodo IPv6 puede tener.

B-9.1. Direcciones de un Host.

Para un host es necesario reconocer las siguientes direcciones para identificarse así mismo.

- Su dirección de enlace local para cada interfaz.
- Direcciones unicast asignadas a las interfaces.
- La dirección loopback.
- Todas las direcciones multicast de los nodos.
- Direcciones multicast de descubrimiento de vecindario, que estén asociadas con las direcciones unicast.
- Direcciones anycast asignadas a las interfaces.
- Direcciones multicast de grupos a los cuales el nodo pertenece.

B-9.2. Direcciones de un enrutador.

Para un enrutador es necesario reconocer las siguientes direcciones para identificarse así mismo.

- Su dirección de enlace local para cada interfaz.
- Direcciones unicast asignadas para las interfaces.
- Direcciones loopback.
- La dirección anycast del enrutador de la subred para todos los enlaces en donde este tenga interfaces.
- Otras direcciones anycast asignadas a las interfaces.
- Todas las direcciones multicast de los nodos.
- Todas las direcciones multicast .
- Direcciones multicast de descubrimiento de vecindario, asociadas con las unicast.
- Direcciones anycast asignadas a las interfaces.
- Direcciones multicast de grupos a los cuales el nodo pertenece.



B-10. El identificador de interfaz EUI - 64.

La IEEE ha introducido un nuevo tipo de direcciones MAC, de 64 bits de largo, llamadas EUI-64.

Hasta ahora, las direcciones MAC han sido de 48 bits: 24 bits asignados por la IEEE y 24 bits por un proveedor determinado. Los 24 bits asignados por la IEEE son llamados OUI (Organization Unique Identifier). Las compañías que hallan recibido el OUI de la IEEE puede utilizarlo también para los nuevos identificadores EUI-64. Es suficiente usar el OUI como los primeros 24 bits y añadirlos a otros 40bits de los proveedores. Mapear la vieja dirección MAC de 48 bits la nueva de 64-bits es posible. El proceso de mapeo consiste en insertar dos octetos con el valor de 0xFF y 0xFE entre el OUI y los bits del proveedor.



BIBLIOGRAFIA

Referencias Impresas.

- Silvano Gai. "Internetworking IPv6 with Cisco Routers". McGraw-Hill Computer Communications Series, 1998.
- Mark A. Millar, P.E. "Implementing IPV6: Supporting the Next Generation Internet Protocols" Second Edition. The M&T IP Library,