

EL DIRECCIONAMIENTO INTERNET PROTOCOL VERSION 6, IPv6

Heriberto Julio Mejía Flores*

Resumen

En el presente artículo, se considera el direccionamiento IPv6, la estructura que se utiliza en las actuales redes de computadoras tras el agotamiento de las direcciones IPv4 y la metodología básica de implementación entre routers y computadoras.

PALABRAS CLAVES: IPv6. Direccionamiento. Cabecera. Estructura. Enrutamiento.

Abstract

In this paper, consider IPv6 addressing structure used in computer networks today after the exhaustion of IPv4 addresses and the basic methodology of implementation between routers and computers.

KEYWORDS: IPv6. Addresses. Header structure. Routing.

Resumo

In this paper, consider IPv6 addressing structure used in computer networks today after the exhaustion of IPv4 addresses and the basic methodology of implementation in routers and computers.

PALAVRAS-CHAVE: IPv6. De endereçamento. Cabeçalho. Estrutura. Routing.

Article History: Received 26 august 2015. Style revision: 10 september 2015. Accepted: 24 september 2015.

INTRODUCCIÓN

La ubicación de direcciones de los diferentes dispositivos de redes de computadoras se protocoliza mediante las *direcciones IP versión 4*, sin embargo el crecimiento de las redes ha provocado el agotamiento de estas direcciones.

Actualmente la *IANA* y las *RIRs* *Regional Internet Registry*, ya no extienden direcciones *IPv4*. Similar agotamiento de direcciones también se tiene en los sistemas dominio como *.org* o *.com* y otros, que se solicitan a la *ICANN* (*Internet Corporation for Assigned Names and Number*). En su reemplazo, están otorgando registros *IPv6*, que tienen una capacidad de $3,4028236692093846337460743177 \times 10^{38}$ direcciones¹.

En consecuencia, en el presente artículo, se considera este direccionamiento de protocolo Internet *IP² en su versión 6*, la estructura que se utiliza en las actuales redes de computadoras y la metodología básica de implementación entre routers y computadoras.

DESARROLLO

Las direcciones *IPv6* son hexadecimales³ y tienen 128 bits en 8 segmentos, 4 dígitos hexadecimales por segmento, siendo el dígito hexadecimal de 4 bits. Cada segmento ocupa 16 bits, y su rango va de 0000 a ffff, a diferencia de *IPv4*, en *IPv6* se utilizan dos puntos para separar cada octeto. Ver figura 1

2001:0CB7:BBBB:2222:0000:0000:0000:0201/64

1	2	3	4	5	6	7	8
2001	0CB7	BBBB	2222	0000	0000	0000	0201

Figura 1: Segmentos de una dirección *IPv6*

¹ La capacidad de direcciones *IPv6*, es de $2^{128} = 340 \times 10^{36}$. En consecuencia, el número de direcciones por cada micrómetro cuadrado de la superficie de la tierra, puede contener 5000 direcciones únicas.

² El Protocolo de Internet (IP) es el soporte lógico básico empleado para controlar este sistema de redes. Protocolo específico para establecer cómo las computadoras de puerta encaminan la información desde el ordenador emisor hasta el ordenador receptor.

³ Relativo al sistema de numeración posicional que tiene como base el 16 (hexadecimal). Por convención para su escritura se toma a parte de los diez dígitos decimales, las seis primeras letras del alfabeto latino para suplir los dígitos faltantes. El conjunto de símbolos es el siguiente:

$S = \{0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; A; B; C; D; E; F\}$
Donde: $A = 10, B = 11, C = 12, D = 13, E = 14$ y $F = 15$.

- Por ejemplo en *Windows7*, se realiza la asignación de forma manual mediante el comando *netsh*:

```
C:\>netsh interface ipv6 add route::/0 interface="11"2001:db8:1234:5678::20k
```

- Para instalar en *Windows Xp*, se realiza también en la línea de comandos *cmd*, pero previamente se instala *IPv6* con el comando *ipv6 install*, posteriormente se utiliza *C:\> a netsh>* y se configura como en *Windows 7* las direcciones *IPv6*.
- Examinar y analizar el direccionamiento *IPv6* requiere el comando *routeprint -6* y el uso de *sniffers* o analizadores de protocolo como *wireshark*. Figura 2.

43	41.1047540	fe80::1	ff02::1	ICMPv6
44	41.1797400	192.168.2.1	224.0.0.1	IGMPv3
45	41.1808530	fe80::1	ff02::1	ICMPv6
46	41.7835760	fe80::221:6aff:fe2d:3b8e	ff02::1	ICMPv6
47	42.4073220	fe80::1	ff02::1	ICMPv6
48	43.4941940	192.168.2.102	192.168.2.1	DNS
49	43.5040810	192.168.2.1	192.168.2.102	DNS
50	43.5047030	192.168.2.102	192.168.2.1	DNS
51	43.5174210	192.168.2.1	192.168.2.102	DNS
52	43.5193220	2003:50:aa10:4243:221:6aff:fe2d:3b8e	ff02::1	ICMPv6
53	43.5256990	fe80::1	ff02::1	ICMPv6
54	43.5257110	2003:50:aa10:4243:221:6aff:fe2d:3b8e	ff02::1	ICMPv6
55	43.5288570	2a02:2e0:3fe:1001:32003:50:aa10:4243:221:6aff:fe2d:3b8e	ff02::1	ICMPv6
56	43.5292740	192.168.2.102	192.168.2.1	DNS

Hop limit: 255	
Source: 2003:50:aa10:4243:221:6aff:fe2d:3b8e C	
[Source SA MAC: IntelCor_2d:3b:8e (00:21:6a:2d:3b:8e)]	
Destination: fe80::1 (fe80::1)	
[Source GeoIP: unknown]	

Figura 2: Análisis de Direcciones IP en Wireshark

- Por ejemplo en la captura del paquete *ICMPv6* la dirección de origen es: **2003:50:aa10:4243:221:6aff:fe2d:3b8e** y la dirección destino es **fe80::1**, con el *sniffer* se puede analizar incluso los componentes internos.
- Para verificar si *IPv6* está instalado en una computadora Linux, se ejecuta en la terminal de comandos: *Ping -c5::1* si la respuesta es *#ping6 -c 5 ::1*. Ver figura 3

```

PING ::1(1) 56 data bytes
64 bytes from ::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.055 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.020 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.033 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.046 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.039 ms
--- ::1 ping statistics ---

5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 3996ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.020/0.038/0.055/0.013 ms

```

Si la respuesta muestra un correcto envío de paquetes, esto significa que el protocolo IPv6 está activado correctamente, en caso contrario, se puede adicionar el siguiente comando: **alias net-PF-10 ipv6**.

En la distribución Ubuntu y Debian se adiciona en **/etc/network/interfaces** las siguientes líneas de comando:

```

iface eth0 inet6 static
pre-up modprobe ipv6
address 'dirección IPv6'
net mask 64
Gateway 'dirección IPv6 del gateway'

```

Para concluir con el proceso en Linux se reinicia con el comando: **irupé -forcé eth0**

Figura 3: Instalación IPv6, computadora Linux, comando: Ping -c5:1

La cabecera de IPv6

-- 32 Bits --		
Versión	Tráfico de clase	Flujo de etiqueta
Longitud de carga	Cabecera siguiente	Límite de saltos
Dirección origen		
Dirección destino		

- Campo **versión** contiene la versión del protocolo IPv6.
- Campo **tráfico de clase** tiene **8 bits** en el cual existe alguna clase de identificador de diferenciación del tipo de servicio que puede ser establecido en este campo.
- Campo **flujo de etiqueta** de **20 bits** es usado cuando se hace un manejo especial de un paquete.
- Campo **longitud de carga útil**, de **16 bits** enteros, sirve para designar la longitud de la carga útil en el paquete IPv6, en octetos.
- Campo de **cabecera del siguiente salto** es designado para decir a los routers si alguna otra cabecera necesita ser verificada para el paquete a enrutar de acuerdo a las instrucciones. Esta característica es distinta de IPv4 que solo posee una cabecera de longitud fija, también el valor del campo determina el tipo de información que sigue a la cabecera IPv6.
- Campo **límite de saltos** define el número de saltos máximos que un paquete puede atravesar por la red.
- Campo **dirección origen** maneja **16 octetos o 128 bits** que identifican el origen del paquete.
- Campo **dirección destino** posee **16 octetos o 128 bits** que identifican el destino del paquete

Criterios para resumir las direcciones IPv6

Los siguientes criterios y ejercicios están adaptados de las reglas de reducción IPv6 (Cisco Systems Network Academy, 2013. "Entendiendo IPv6 direccionamiento & Subredes"), sin embargo en este trabajo se considera que en lugar de denominarlas reglas, es más apropiados

llamarles criterios, debido a que son guías y no una norma que deba aplicarse mecánicamente. El primer criterio consiste en omitir los ceros iniciales en cualquier segmento de 16 bits (no se los escribe si se encuentran a la izquierda)

La siguiente dirección IPv6: 3fee:0404:0002:1000:0000:0000:0ef0:bc00
Se abrevia en: 3fee:404:2:1000:0000:0000:0ef0:bc00
Obsérvese que los ceros a la derecha no se abrevian
ef03:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0500
Se abrevia en: ef03:0:0:0:0:0:0:500

EL segundo criterio se refiere a la posibilidad por única vez, de resumir una secuencia de ceros en uno o más segmentos de 16 bits, por **doble dos puntos**. Los ceros de los segmentos que resulten estar contiguos pueden ser reemplazados por dos ceros.

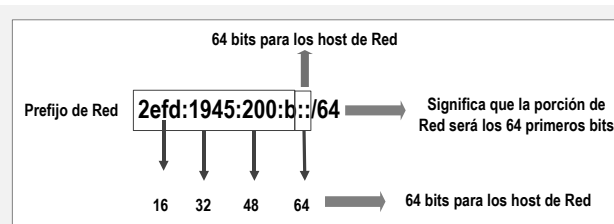
Ee04:0000:0000:0000:0000:0000:0500 → Ee04::500

Combinación de los dos criterios para resumir direcciones IPv6:

Dada la siguiente dirección: 2001:2222:0000:0000:1111:2222:3333:A1A1
Se resumiría de la siguiente manera: 2001:2222::1111:2222:3333:a1a1
Dada la siguiente dirección: 3001:0000:0000:0000:3333:0000:0000:2222
Criterio dos y uno 3001::3333:0:0:2222
Dada la siguiente dirección: EF04:0000:0000:0000:0000:0001:FF00:0002
Se resumiría o compactaría de la siguiente manera: F04::1:FF00:2

Los prefijos de red

Los prefijos son una representación de un rango de direcciones IPv6 consecutivas y la longitud del prefijo se puede expresar como la extensión de direcciones según (Odom, 2008). Complemento a la dirección IPv6 y separado por un carácter *slash* /, según la notación CIDR indicada en la RFC 4291. El prefijo se obtiene a través del conteo de bits.



Identificación de bits de Red y host:

En la siguiente dirección: 2001::4/80 → 2001:0:0:0:0:0:0:4
Red host

El total de bits es de 128 bits, según el **prefijo /80**, significa que los bits de red son 80 bits y la porción de host por tanto son 48 bits.

La porción de red = 2001:0:0:0:0 La porción de host = 0:0:0:4
Dada la siguiente dirección: 2001::4/16: Los bits de red son 16 bits y los bits de host son 112 bits. Porción de red = 2001 Porción de host = 0:0:0:0:0:0:4

En la siguiente dirección: 2001::2/3 → 2001

EL número 2 de la dirección 2001 posee cuatro bits, y la conversión del hexadecimal 2 a binario es de 0010, esos 3 bits son de la parte de red y los otros 125 son de la parte de host.

Escribiendo el primer segmento 2001 en binario se tiene: 0010 0000 0000 0001 (número binario de 2001).

Clases de direcciones IPv6

Entre las direcciones IPv6. Están las *Unicast*, *Multicast* y *Anycast*.

Direcciones Unicast: Usadas para comunicaciones y entrega de paquetes uno a uno. Los paquetes son dirigidos y entregados a una sola interfaz. Cada dirección es asignada a una interfaz. Existen diversas direcciones *Unicast*: *Global Unicast*, *Link local*, *Loopback*, *Unspecified*, *Unique local*, *Embedded*.

Unicast Global: Las direcciones globales son similares a las **IPv4** en el sentido de que son enrutables extremo a extremos y únicas, pues solo existe una sola dirección que las identifica. La estructura de las direcciones unicast globales es la siguiente:

n bits (48 bits)	m bits (64 bits)	128-n-m bits
Prefijo de enrutamiento	Global ID de sub red	ID de interface

Las direcciones Unicast globales son similares a **IP** públicas, por tanto son asignados a routers, servidores y tienen acceso a Internet. Sus características son:

- Están formados por un prefijo de enrutamiento de 48 bits y un ID de sub red de 16 bits.
- Poseen un campo de subred de 16 bits para crear jerarquías de direccionamiento local, lo cual permite crear hasta 65535 sub redes individuales
- El rango que usa comienza en el valor binario de 001, según las RFC 4291 especifica que empieza en 2000::3.
- En total son 1/8 del espacio de direcciones asignadas.

Prefijo de enrutamiento Global ID de sub red ID de interface

Esquema de transformación del primer dígito

001

0010 → 2

0011 → 3

El rango de este tipo de direcciones va desde 2000::3 a 3FFF::3, se observa en la representación que el cuarto bit puede ser 0 o 1.

En las direcciones globales de Unicast existe la regla de 3-1-4 que consiste en 3 segmentos para red, 1 segmento para sub red y los 4 segmentos restantes para la parte de host (1 segmento consiste en 4 números hexadecimales). El esquema es el siguiente:



Composición de los rangos:

En una dirección Unicast global hasta la porción de prefijo con /23 pertenece al RIR, que es el Registro Regional de internet, cuando la porción alcanza a /32 esta pertenece al ISP o proveedor de servicios de internet, cada empresa recibe con asignación /32 y reparte a los clientes con /64. El prefijo /48 se refiere al Prefijo de sitio y el prefijo /56 se refiere al Home site. El prefijo /64 se refiere la prefijo de sub red para asignar a los hosts.

Asignación de Direcciones IPv6

Se requiere que cada interfaz tenga un identificador, es decir un ID de 64 bits. Existen dos formas de asignación de direcciones IPv6 (Gerómetra, 2012):

1. La **Asignación Estática**, se efectúa en forma manual, solicitando la asignación de prefijo de red, así como la porción del nodo, también se puede asignar direcciones estáticas utilizando el método de **EUI-64**. Normalmente este tipo de dirección es asignada por el **ISP**.

2. La **Asignación Dinámica** posee dos tipos:

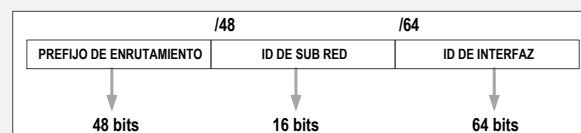
a. **Stateless Autoconfiguration**, que toma del prefijo de red del router (64 bits) y la combina con la norma EUI-64 (64 bits), se a utilizan en dispositivos que usan plug-and-play.

b. **DHCPv6**, funciona de manera similar a al DHCP versión 4, utilizándose en servidores para la asignación de direcciones automáticas IPv6.

Asignación de Sub redes en IPv6:

En las sub redes IPv6 se puede crear las siguientes sub redes en:

En la parte de host. En la frontera con el nibble. Dentro del nibble.



Se pueden formar cuatro posibles sub redes:

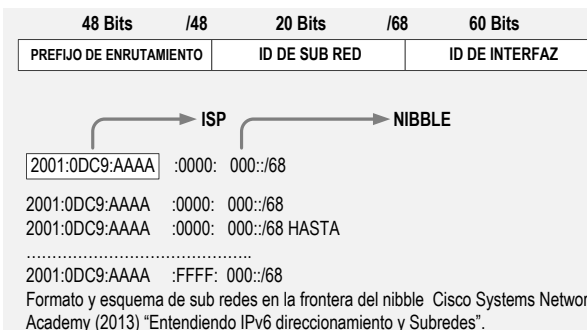
2350:1111:AAAA:0000::/64 2350:1111:AAAA:0001::/64
2350:1111:AAAA:0002::/64 2350:1111:AAAA:0003::/64

Con las reglas de abreviación se eliminarían los 3 ceros iniciales del cuarto segmento y las direcciones serían 2350:1111:AAAA:1::/64.

Las Sub redes en la parte de host son:

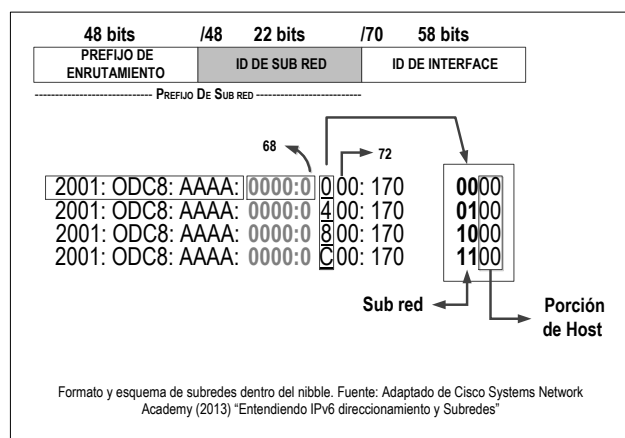
48 bits /48 64 bits /112 16 bits
Prefijo de Enrutamiento global ID de subred ID de interface
-----Prefijo-----
.....interface ID.....
2001:0DC8:AAAA:0000:0000:0000:0000:0000
2001:0DC8:AAAA:0000:0000:0000:0001:0000
2001:0DC8:AAAA:0000:0000:0000:0002:0000
.....
HASTA
.....
2001:0DC8:AAAA:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:0000
2001:0DC8:AAAA:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:0000

Esquema de sub redes en la parte del host . Adaptado de Cisco Systems Network Academy (2013) "Entendiendo IPv6 direccionamiento y sub redes.



El **Prefijo /112**, es un caso especial de la formación de sub redes, y es cuando se ejecuta en la frontera dentro del *nibble*. Número formado por 4 bits. Generar subredes en la frontera de los *nibble* (4 bits), es sencillo /64, /68, /72, etc. Solo se tiene que incrementar en 1 número hexadecimal.

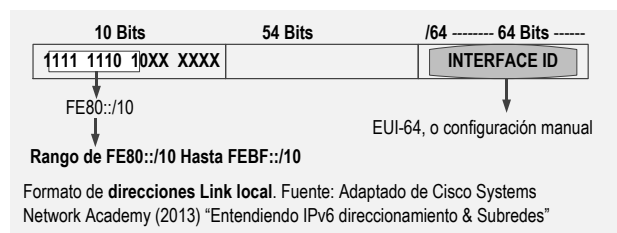
Otro caso surge, cuando se desea formar sub redes dentro de un nibble:



- El esquema muestra el formato para determinar sub redes, los bits se encuentran en el bit 70, sin embargo estos se encuentran entre los bits 68 y 72, estando dentro de un *nibble*, para determinar la red se debe trabajar dentro de este número hexadecimal.
- De los 4 bits que componen el hexadecimal enmarcado, los dos bits de mayor peso pertenecen a la porción de la sub red, y los dos últimos son de la porción de host. Considerando que cada hexadecimal está conformado por 4 bits, la primera red empezaría en 0000 y la subsiguiente en 0100, la razón es que en los dos primeros bits que pertenecen a la porción de sub red hacen un conteo normal, es decir 00, 01, 10, 11 y los otros dos bits de la porción de host se mantienen, sin conteo como unos pivotes, es decir en 00.

Direcciones de enlace local

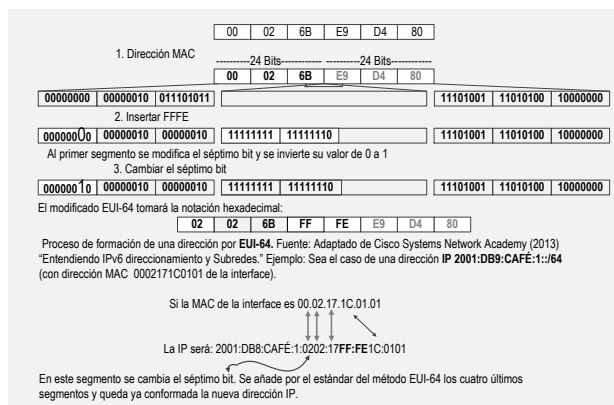
Dentro de Unicast, está Global Unicast (análogas a direcciones IP públicas) y *link local* (análogas a IP privadas), estas últimas sólo funcionan en la red y no pueden ser enrutadas. Comienzan en valores (Hex) y continúan con un valor entre 8 y B (hexadecimal). El rango en link local empieza en FE80::10 hasta FEBF::10.



- Las direcciones de enlace local son utilizadas para la comunicación entre los dispositivos dentro del enlace privado (dentro de una red privada), por lo tanto no es enrutable fuera de la red y sin conexión a internet, además cada interface *IPv6* debe tener mínimamente una dirección de enlace local. En este proceso de comunicación un host usa direcciones de enlace local para comunicarse en la red antes de obtener una dirección *IPv6 global de unicast*, otra característica de estas direcciones es que son direcciones independientes del *ISP* (Hagen, 2014).

Interface EUI-64 ID

EL *EUI-64* es un estándar que forma una dirección *IPv6* de una dirección de *MAC* de una computadora. El procedimiento se realiza de la siguiente manera:

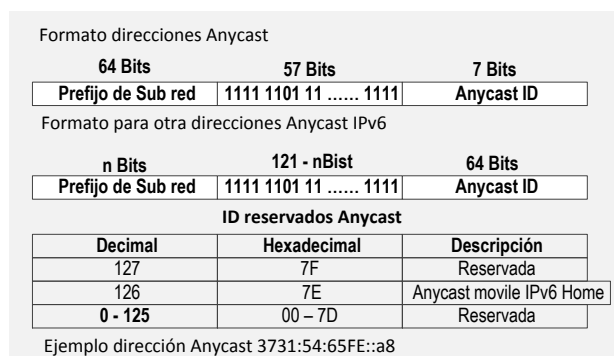


Otras direcciones Unicast especiales

- Dirección *Loopback* 0:0:0:0:0:0 expresada comúnmente como ::1, su función es el envío de datagramas a la dirección para formar un lazo de retorno. La no especificada o *Unspecified* (::), compuesta por ceros 0:0:0:0:0:0:0:0, se utiliza en el campo de origen de un datagrama que es enviado para configurar la dirección IP. La *Unique local* (FC00::/7, FDFF::/7) y la *embebida ipv4* (::80).

Direcciones Anycast:

- Las direcciones *Anycast* son designadas para proveer redundancia y balanceo de carga en situaciones donde múltiples host o enrutadores proveen el mismo servicio. Se usan para descubrir direcciones *Unicast*, dentro de una red en lugar de utilizar Broadcast. Requiere 64 bits de interface de identificador en el formato *EUI-64*, el formato general de direcciones es:



Las Direcciones Multicast

- Identifican a un grupo de interfaces, va de un nodo a todos los miembros de un grupo definido. El tráfico que va a una dirección es enviada a un grupo de dirección al mismo tiempo. Un ejemplo de direcciones *Multicast* es la dirección: FF01:0:0:0:0:0:0:1.
- Hay dos tipos de direcciones multicast. Las primeras direcciones son las denominadas Asignadas, siendo estas FF00::/8 y son usadas para los protocolos *UDP* en la transmisión de streaming de video.
- El otro tipo de direcciones son las de nodo solicitado, siendo este tipo de direcciones FF02::1:FF00:0000/104.

8 Bits	4 Bits	4 Bits	112 Bits
11111111	Flag	Scope	ID de Grupo

FF00::8

Valores que especifican el tipo de direcciones, siendo estática y dinámica

El Primer byte identifica a las direcciones Multicast. Los siguientes 4 bits son usados para banderas o flags: El **primer** bit de la bandera debe ser cero; reservado para uso futuro. EL **segundo** bit indica donde La dirección Multicast Que embebe el punto denominado Rendezvous de distribución para especificar el Stream-MULTICAST en una red Multicast. El **tercer** bit indica donde la dirección Multicast embebe el prefijo de información. El **cuarto** bit de campo de la bandera indica donde la dirección es permanente asignada o si es una dirección Multicast temporal. Un valor de cero para el último bit indica una dirección conocida, un valor de uno define una dirección temporal. El **campo Scope** es usado para limitar la extensión de dirección Multicast. Sus valores delimitan el alcance de una red Multicast: 0 Reservada. 1Interface local. 2 Link local. 5 Site local. 8 Organización local. Flag o bandera producen dos estados: a) 0 Permanente, es una dirección muy conocida asignada por la IANA. b) 1 No asignada, es una dirección de multicast asignada dinámicamente.

Las direcciones de nodo solicitado Multicast

En IPv6 se obtiene una dirección MAC de una interface mediante enviar mensajes de solicitud de vecindad al **nodo solicitado** de dirección Multicast, y no a todos los nodos de Estas direcciones. Única forma para que el nodo registrado examine el paquete de una dirección Multicast. Esta direcciones se forman mediante 24 bits de bajo orden de una dirección IPv6 y añade estos bits a los conocidos prefijos FF02:0:0:0:1:FF00:0000 a FF02:0:0:0:1:FFFF:FFFF. Estas direcciones se generan escogiendo los últimos 24 bits, es decir los últimos 6 dígitos hexadecimales y copiando en prefijo FF02::1:FF00.

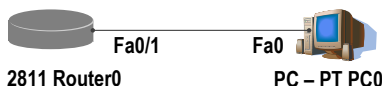
Ejemplo. Dada la dirección link local:

Dirección Unicast Global: 2001:0db8:BBBB:0001:0000:0000:0000:0300

Nodo Solicitado Global: FF02::1:FF00:300

Estas direcciones se utilizan cuando no se conocen las dirección Unicast, Para este propósito, utiliza el protocolo ARP, que tiene el mismo objetivo de Broadcast pero a diferencia de éste, es más eficiente al no trabajar por grupos que saturan la red para intentar conocer cuál es la IP unicast que se está buscando.

Conectividad básica de direcciones IPv6



La siguiente configuración en router muestra cómo se aplica el método de EUI-64:

```
Router>en
Router#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname R1
R1(config)#ipv6 unicast routing
R1(config)#interface s0/0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:3c4d:1::64 eui-64
R1(config-if)#end
R1#en
R1#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#ipv6 unicast routing
R1(config)#interface fa0/1
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:3c4d:1::64 eui-64
R1(config-if)#end
```

Para ver la dirección Mac de una dirección IPv6 se usa el comando Show ipv6 fa0/1 junto con caracteres hexadecimales FFFE añadidos al medio, el cual expande la dirección MAC de 48-bit para crear la dirección ipv6 de 64 bits para la dirección de link local.

```
R1(config)#interface Fa0/1
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:c18:1::64 eui-64
(configura la interface del router Ethernet 0. La opción EUI-64 es usada para crear 64-bits de la MAC adres.)
```

```
R1#show ipv6 interface Fa0/1
Fa0/1 is up, line protocol is up
IPv6 is enable, link-local address is FE80::260:3DFF:FE47:1720
Global unicast addresses:
2001:DB8:C18:1:260:3DFF:FE47:1720 subnet is 2001:DB8:C18:1::64
```

Unidas al grupo de direcciones: FF02:1:FF47:1720 FF02::1 FF02:2 MTU is 1500 bytes

<http://orbit-computer-solutions.com/CCNA%3A-Configuring-IPv6-Addresses%3A-Enabling-IPv6-on-Cisco-routers.php>

CONCLUSIONES

- El presente estudio mostró que el *IPv6* es la solución actual frente al agotamiento de direcciones *IPv4*. Esta nueva versión del protocolo IP pondrá fin a la escasez de dominios web. Por otra parte el protocolo *IPv6* no solo cumple las funciones de direcciones de su predecesor sino que las mejora, e incluso proveerá mayor cantidad de direcciones.
- La Internet está atravesando por un proceso de transición que impulsará un cambio de tecnología, y el ajuste de la configuración de la mayoría de los equipos del mundo.
- Debe buscarse la concientización del gobierno, de la mayoría de los profesionales y de las empresas proveedores como ENTEL, TIGO, VIVA, COTAS, COMTECO etc., sobre la necesidad de transición a *IPv6*, debido a que actualmente son pocos los esfuerzos de las proveedores de empresas, siendo solamente COMTECO la única proveedora que lidera el cambio hacia al nuevo sistema de direcciones en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Hagen, S., 2014, *IPv6 Essentials*, O'Reilly Media Inc. 3ra. Edición, USA,

Davies, J., 2012, *Understanding IPv6*, O'Reilly Media – USA,

Angelescu, S., 2012, *CCNA Certification all in one for dummies*, I. Wiley Publishing Inc., Indianápolis – USA,

Odom, W., CCNA ICDN2, 2008, Guía oficial para el examen de certificación, Pearson Education. Madrid – España,

Marcos, M., Regis, R., Yukio, H., 2014, *Laboratorio de IPv6*, Novatec, Sao Paulo – Brasil,

Cisco Systems Learning, 2013, *Interconnecting Cisco Network Devices Part 1 Student Guide*, San José C.A.,

Cisco System. Deploying IPv6 in unified communications, Networks with Cisco Unified Communications Manager - IPv6 Basics. http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/voice_ip_comm/cucm/srmd/ipv6/ipv6srnd/basics.pdf, (Consulta: 15 de Julio de 2015),

Cisco System Network Academy, CCNA2 Routing and Switching Essentials version 5.0. <http://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE50ES/index.html> Orbit-Computer-Solutions.Com "How to Configure IPv6 Addresses <http://orbit-computer-solutions.com/CCNA%3A-Configuring-IPv6-Addresses%3A-Enabling-IPv6-on-Cisco-Routers.php> (Consulta: 16 de Julio de 2015),

Cisco Systems Network Academy, 2013, *Entendiendo IPv6 direccionamiento y Subredes*. [Diapositivas]. Cisco Press. San José C.A.,

Brown, S., Brown, B., 2002, *Configuring IPv6 for Cisco IOS*, Syngress Publishing Inc., USA,

Gerometra, O., 2012, *Guía de preparación para el examen de Certificación CCNA v. 4.1.*, Libronauta, Buenos Aires – Argentina.

(*), Licenciado en Informática, Docente Carrera de Electricidad, Facultad de Tecnología – UMSA.