

## Resumen modulo 12

### Asignación de direcciones IPv6

#### 12.1 Problemas con IPv4

- Necesidades de utilizar IPv6 → IPv6 está diseñado para el sucesor de IPv4, tiene un espacio de direcciones más grande de 128 bits proporcionando 340 undecillones de posibles direcciones. ICMPv6 incluye la resolución de direcciones y la configuración automática de direcciones que no se encuentran en ICMPv4. Otro problema fue que NAT no es tan bueno porque crea latencia y tiene limitaciones que impiden las comunicaciones entre pares. Algunas compañías como YouTube, Facebook, Netflix ya hicieron la transición a IPv6. Internet of things → Internet evoluciona y se convierte en el internet de las cosas. Ya no solo son equipos electrónicos los que acceden a internet, sino también automóviles, dispositivos biomédicos, etc.
- Coexistencia de IPv4 e IPv6 → La transición completa llevaría años. IETF creó diversos protocolos y herramientas para ayudar a los administradores a migrar las redes a IPv6. Existen 3 categorías:
  - Dual-stack → Permite que ambos coexistan en el mismo segmento de red. Ejecutan pilas de protocolos IPv4 e IPv6 de manera simultánea. Conocido como IPv6 nativo, la red del cliente tiene conexión IPv6 a su ISP y puede acceder al contenido que se encuentra en internet con IPv6.
  - Tunelización → Método para transportar un paquete IPv6 a través de una red IPv4. IPv6 encapsula dentro de un paquete IPv4, manera similar a lo que sucede con otros tipos de datos.
  - Traducción → (NAT 64) permite que los dispositivos con IPv6 habilitado se comuniquen con un dispositivo con IPv4 mediante NAT para IPv4.

#### 12.2 Direccionamiento Dinámico para las GUAs de IPv6

- Formatos de direccionamiento IPv6 → La forma en que se escribe una IPv6 son mucho más grandes que una IPv4. Tienen longitud de 128 bits y se escriben como cadena de hexadecimales. 32 valores hexadecimales, no distinguen entre mayúsculas y minúsculas. El formato preferido es  $x:x:x:x:x:x:X$  cada X es 4 valores hexadecimales. Se usa un octeto para 8 bits de una IPv4, en IPv6 nos referimos como **hexeto** que es segmento de 16 bits o 4 hexadecimales. Esto significa que escribe la dirección IPv6 utilizando 32 dígitos hexadecimales. Ejemplo 2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0200.
- Regla 1: Omitir los ceros iniciales → Se omiten los ceros iniciales a la izquierda de cualquier hexeto. Por ejemplo: 01ab → 1ab, 0qf0 → qf0. Esta regla **NO SON PARA CEROS FINALES A LA DERECHA**.

● Regla 2 - Dos puntos dobles → Se usa la notación (:) que puede reemplazar cualquier cadena única y contigua de hexámetros que sean todos ceros. Por ejemplo 2001:db8:cafe:1:0:0:0:1 podría ser 2001:db8:cafe:1::1. Acorza los hexámetros de ceros y solo puede utilizarse (:) una vez por IPv6. Se suele decir que es **formato comprimido**. Se recomienda utilizarlo en la cadena de ceros más larga.

### 12.3 Tipos de direcciones IPv6

● Unidifusión, Multidifusión, difusión limitada → Hay 3 categorías para IPv6:

**Unidifusión** → Identifica de forma exclusiva una interfaz en un dispositivo habilitado para IPv6.

**Multidifusión** → Se usa para enviar un único paquete IPv6 a múltiples destinos.

**Difusión por proximidad** → Es cualquier dirección de unidifusión que se puede asignar a varios dispositivos. Se enrutan al dispositivo más cercano que tenga esa dirección.

IPv6 no tiene difusión pero multidifusión brinda el mismo resultado.

● Longitud de prefijo IPv6 → En IPv6 hay prefijos que no utilizan notación decimal puntuada de máscara de subred. Su notación es con / y se usa para indicar la parte de red de una dirección IPv6. Puede ser de 0 a 128. 64 bits de prefijo y 64 para ID de interfaz. Se recomienda usar un ID de interfaz de 64 bits porque la autoconfiguración de direcciones sin estado (SLAAC) utilizan 64 bits.

● Tipos de direcciones de unidifusión IPv6 → Identifican una interfaz en un dispositivo con IPv6 habilitado. La interfaz recibe un paquete enviado a una dirección de unidifusión. Las IPv6 de destino pueden ser direcciones de unidifusión o multidifusión. Diferentes tipos de Unidifusión: **Unidifusión global, link-local, loopback, Dirección si no especificar, local**.

Única, IPv4 integrada. La IPv6 suelen tener dos direcciones de unidifusión:

**GUA (dirección de unidifusión global)** → Similar a IPv4 pública. Son direcciones enruteables de internet globalmente exclusivas. **LIA (Dirección local de enlace)** → Se utilizan para comunicarse con otros dispositivos en el mismo enlace local. IPv6 "enlace" se refiere a una subred. Las LIA se limitan a un único enlace. No pueden enrutar más allá del enlace. Los routers no reenvían paquetes con una dirección de origen.

● Una nota sobre la dirección local Única → Rango (fc00::/7 a fdFF::/7). Se pueden usar direcciones locales únicas para dirigir dispositivos a los que no se debe acceder desde el exterior, como servidores internos e impresoras. Las direcciones locales únicas se utilizan para direccionamiento local dentro de un sitio.

Se pueden utilizar direcciones locales únicas para dispositivos que nunca necesitarán acceder a otra red.

- IPv6 GUA → Son globalmente únicas y enrutables en Internet IPv6. La (ICANN) asigna bloques de direcciones IPv6 a los cinco RIR. Actualmente, solo se están asignando GUAs con los primeros 3 bits de 001 o 2000::/3. Comienzan con 2 ó 3. La dirección 2001:db8::/32 se reserva para documentación. Prefijo de routing global, ID de subred, ID de interfaz. IPv6 con prefijo de /48 y /64. Un GUA tiene 3 partes: prefijo de routing global, ID de subred, ID de interfaz.

● Estructura IPv6 GUA → Prefijo global de enrutamiento es la porción de prefijo, o de red, de la dirección que asigna el proveedor. Es común que un ISP asigne un prefijo de enrutamiento global /48 a sus clientes. Los prefijos /48 es un prefijo de enrutamiento global común que se asigna y se utilizará en la mayoría de los ejemplos a lo largo del curso. ID de subred es el área entre el prefijo de enrutamiento global y la ID de interfaz. IPv6 se toma en cuenta la subred, las organizaciones utilizan la ID de subred para identificarlas dentro de su ubicación. Usando un /64 los 4 hexadecimales son para red y el 4to hexadecimales para la ID de subred. Los restantes son para la ID de interfaz. La ID de interface equivale a la porción de host de IPv4. Un único host puede tener varias interfaces, cada una con una o más direcciones IPv6. Se recomienda hacerlo con prefijo /64 creando ID de interfaz de 64 bits. Deja 64 bits para ID de interfaz. Así SLAAC crea su propio ID de interfaz de 64 bits.

- IPv6 LLA → Permite que un dispositivo se comunique con otros dispositivos habilitados para IPv6 en el mismo enlace y solo en ese enlace (subred). Paquetes con LLA de origen o destino no se pueden enrutar más allá del enlace desde el que se originó el paquete. No es requisito la GUA, pero cada dispositivo debe tener una LLA. Se crea un LLA IPv6 incluso si el dispositivo no tiene una IPv6 de unidifusión global, permitiendo comunicación entre dispositivos con IPv6 habilitado en la misma subred. Incluye el gateway. USOS: los routers envían actualizaciones de enrutamiento. Los hosts usan el LLA como gateway. Se obtiene estáticamente y dinámicamente.

## 12.4 Configuración estática de GUA y LLA

- Configuración de GUA estática en un router → Se utiliza el comando `ipv6 address` `ipv6-address /prefix-length`. Configuración básica → `interfaz global > ipv6 address 2001:db8:acad:1321/64 > no sh > exit ... > interface serial 0/1/0 > ipv6 address 2001:db8:acad:3::1/64 > no sh`.

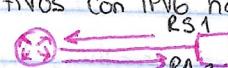
● Configuración de GUA estática en un host de windows → El gateway puede ser configurado para que coincida con el LLA de la interfaz giga, se considera una práctica recomendada. La configuración de direcciones estáticas en clientes no se extiende a entornos más grandes. Hay 2 forma para obtener GUA IPv6 automáticamente:

- Configuración automática de direcciones independiente del estado (SLAAC)
- DHCPv6 con información de estado.

El LLA del enrutador se especificará automáticamente como la gateway.

● Configuración estática de una dirección de unidifusión local de enlace → La configuración manual permite crear una dirección reconocible y más fácil de recordar, se usan como direcciones de puerta de enlace predeterminada y enrutamiento de mensajes publicitarios. Las LLAs se configuran con el comando `ipv6 address ipv6-link-local-address link-local`, cuando una dirección comienza con el hexadecimales dentro del rango fe80 a febf, el link-local debe seguir a la dirección. `interface g0/0 > ipv6 add fe80::1:1 link-local > exit`  
`interface serial 0/1/0 > ipv6 add fe80::3:1 link-local > exit`

## 12.5 Direccionamiento dinámico para GUA IPv6

● Mensajes RS y RA → Mensajes de anuncio de enrutador (RA) y solicitud de enrutador (RS). Para el GUA, un dispositivo obtiene la dirección dinámicamente a través de ICMPv6. Los routers IPv6 envían mensajes RA de ICMPv6 periódicamente, cada 200 segundos, a todos los dispositivos con IPv6 habilitados en la red. También un RA en respuesta a un host que envía un RS.  Los hosts solicitan información de direccionamiento enviando mensajes RS a routers. RA incluye el prefijo de red, longitud y gateway. Para habilitar un router IPv6 se usa `IPv6 unicast-routing`. El mensajes RA incluyen:

Prefijo de red y longitud del prefijo → Red a la que pertenece el dispositivo.

Gateway → IPv6 LLA, dirección IPv6 de origen del mensaje RA.

Direcciones DNS y nombre de dominio → Direcciones de servidores DNS y nombre de dominio.

Existen 3 tipos para mensajes RA. **SAAAC**, **SLAAC** con un servidor DHCPv6 sin estado, **DHCPv6 con estado (sin SLAAC)**.

● Método 1: SAAAC → Método que permite al dispositivo crear su propio GUA sin los servicios de DHCPv6. Los dispositivos confían en los mensajes ICMPv6 RA del router local para obtener la información. No se requieren los servicios DHCPv6. SAAAC no tiene estado, no hay un servidor central que asigne GUA y mantenga una lista de dispositivos y direcciones.

El dispositivo cliente usa la información en el mensaje RA para crear su GUA. **Prefijo** →

Se anuncia en RA. **ID de interfaz** → EUI-64 o genera un número aleatorio de 64 bits.

El router envía RA con el prefijo de enlace local (2001:db8:acad:1:) y la PC usa SLAAC para recibir RA y crear un ID de interfaz.

- **Método 2: SLAAC y DHCPv6 sin estado** → Con este método RA sugiere que se utilice lo siguiente: **SLAAC** para crear su IPv6 GUA, **link-local** del router, la IPv6 de origen del RA para el gateway, **DHCPv6 stateless**, que obtendrá la información como la dirección del DNS y dominio. No se asigna GUA cuando el servidor DHCPv6 es sin estado. 1 El PC envía RS a todos los routers IPv6. 2 El router envía RA a todos los nodos IPv6 con método 2 especificado. **Está la información de prefijo, longitud y gateway pero consigue DNS de un DHCPv6.** 3 El PC envía un mensaje de solicitud DHCPv6.

- **Método 3: DHCPv6 con estado** → Un dispositivo puede recibir automáticamente su información de direccionamiento, incluida una GUA, longitud del prefijo y DNS de un DHCPv6 con estado. Sugiere que se use lo siguiente: **Dirección LLA del router**, **IPv6 de origen del RA**, para el gateway. **Servidor DHCPv6 statefull**, para obtener una GUA. 1 La PC envía RS a todos los routers IPv6. 2 El router envía un RA a todos los nodos con el método 3. **Soy su gateway pero consigo tu direccionamiento con DHCPv6 con estado y direccionamiento.** 3 La PC envía solicitud a DHCPv6. Un servidor DHCPv6 con información de estado asigna y mantiene una lista de qué dispositivo recibe cuál IPv6.

- **Proceso EUI-64 VS generado aleatoriamente** → El cliente debe generar su propia ID de interfaz. El cliente conoce la parte del prefijo de la dirección del RA, pero debe crear su propia interfaz. Este se puede crear con EUI-64 o con un número de 64 bits aleatorio. 1 **el router envía un RA con el prefijo.** 2 **La PC lo utiliza y usa EUI-64 o número aleatorio para crear un ID de interfaz.**

- **Proceso EUI-64** → El proceso utiliza la MAC de 48 bits del cliente e inserta 16 bits en el medio para crear el ID de interfaz. Las MAC se conforman por **OUI** → Identificador Único Organizativo que es código de proveedor de 24 bits asignado por IEEE. **Identificador del dispositivo** → Valor único de 24 bits dentro de una OUI común. Los pasos son:

- 1 → Divide la MAC entre el OUI y el identificador del dispositivo.
- 2 → Inserte el valor hexadecimal de 16 bits.
- 3 → Convierta los 2 primeros valores en binario y volteé el bit 7. si 0 → 1 si 1 → 0.

La ventaja es que la MAC se utiliza para determinar la ID de la interfaz.

Permite rastreos fáciles a una IPv6 mediante la MAC única. Ocasiona problemas de privacidad.

- ID de interfaz generadas aleatoriamente → Dependiendo de SO, un dispositivo puede usar una ID de interfaz generada aleatoriamente. Windows utiliza este método.

Una vez generada la ID de interfaz se puede combinar con un prefijo IPv6 en el mensaje RA para crear una GUA. Para garantizar la unicidad de un IPv6, el cliente puede utilizar Detección de direcciones duplicadas (DAD).

## 12.6 Direcccionamiento dinámico para las LLAs IPv6

- LLA dinámicos → También se pueden crear LLA dinámicamente; es importante que verifique toda la configuración de direcciones IPv6.  $\text{fe80::}/10 \rightarrow \text{ID de interfaz}$ .

- LLA dinámicos en windows → Suelen utilizar el mismo método tanto para GUA creado por SLAAC como para LLA dinámica.

- LLA dinámicos en routers Cisco → Los routers crean una LLA automáticamente cada vez que se asigna una GUA a la interfaz. Los routers predeterminadamente usan EUI-64 para la ID de interfaz. Para serials, el router utiliza la MAC de una "interfaz Ethernet". Cada LLA debe ser único solo en ese enlace o red. Su desventaja es que la ID de interfaz es muy larga, lo cual dificulta identificar y recordar las direcciones asignadas.

- Verifique la configuración de la dirección IPv6 → El comando sh ipv6 int brief muestra la MAC de las interfaces Ethernet, muestra una salida abreviada para cada una de las interfaces. La salida [up/up] es la misma que la columna status y protocol en IPv4. Usualmente hay 2 por interfaz la GUA configurada y la dirección de unidifusión local de enlaces link-local. Ejemplo g0/0/0 → [up/up] → fe80::1:1 → 2001:ab8:acad:1::1. El comando sh ipv6 route verifica que las redes IPv6 se han instalado en la tabla de enrutamiento IPv6. Una C indica red conectada directamente. L indica una ruta local. La GUA también se instala en las tablas de enrutamiento como ruta local con prefijo 128. S → Ruta estática. U Per-user static route. El comando ping verifica la conectividad de capa 3 entre router y PC.

## 12.7 Direcciones IPv6 de multidifusión

- Direcciones IPv6 de multidifusión asignadas → Las direcciones de multidifusión se utilizan para enviar un único paquete a uno o más destinos. En IPv6 la dirección de multidifusión tiene el prefijo ff00::/8. Solo direcciones de destino y no de origen. Hay 2 tipos conocidas y nodo solicitadas.

● Direcciones de multidifusión IPv6 bien conocidas → Las direcciones de multidifusión reservadas para grupos predefinidos de dispositivos. Una dirección de multidifusión asignada es una única dirección que se utiliza para llegar a un protocolo o servicio común. Existen 2 grupos de multidifusión asignados por IPv6:  
**FF02::1** → Grupo de multidifusión de todos los nodos → Se unen todos los dispositivos con IPv6. Los paquetes se envían a todas las interfaces IPv6 en el enlace o red. Lo mismo que difusión en IPv4. Un router IPv6 envía RA ICMPv6 al grupo de multidifusión de todos los nodos.

**FF02::2** Todos los routers multicast group → Grupo multicast al que se unen todos los dispositivos con IPv6 habilitados. IPv6 unicast-routing para habilitar router como IPv6. Los dispositivos habilitados para IPv6 envían RS a la multidifusión de todos los enrutadores. El mensaje RS solicita un RA y ese router IPv6 lo responde.

● Direcciones IPv6 de multidifusión de nodo solicitado → Similar a multidifusión de todos los nodos. La ventaja de una dirección de multidifusión de nodo solicitado es que se asigna a una dirección especial de multidifusión de Ethernet. Permite que la NIC filtre el marco al examinar la MAC destino sin enviarla al proceso de IPv6 para ver si el dispositivo es el objetivo previsto del paquete IPv6.

## 12.8 División de subredes de una red IPv6

● Subred con la ID de subred → En IPv4 ocupamos subneteo para crear subredes. Se debe a que la subred fue una idea tardía con IPv4. IPv6 se tomó en cuenta con subredes. Se utiliza un campo ID de subred independiente de IPv6 GUA para crear subredes. Área entre prefijo y ID de interfaz 76 bits. **Prefijo routing global - 48 bits** → **ID de subred → 16 bits** **ID de interfaz - 64 bits**. La ventaja de una dirección de 128 bits es que admite más que suficientes subredes y hosts de subred, para cada red. La ID de subred de 16 bits crea 65,536 subredes y ID de interfaz 64 bits 18 quintillones.

● Ejemplo de subred IPv6 → Si se asigna un prefijo de router global 2001:db8:acad::/48 con una ID de subred de 16 bits. El prefijo de routing global es igual para todas las subredes. Solo incrementa el hexadecimales de la ID de subred para cada subred.

2001:db8:acad:0::/64 → 2001:db8:acad:ffff::/64.



● Asignación de Subredes IPv6 → La tarea del administrador es diseñar un esquema lógico para abordar la red. Con IPv6 la subred de enlace tendrá la misma longitud de prefijo que las LAN. Aunque esto puede parecer "desperdiciar" no es preocupación para IPv6. En IPv6 se cumple el ejemplo de asignar redes diferentes por cada LAN y cada una de las subredes /64 proporcionará más direcciones de las que se necesitarán.

● Enrutador configurado con subredes IPv6 → comandos:

int g0/0/0 > ipv6 address 1000::1/64 > no shutdown > exit.

int g0/0/1 > ipv6 address 1111::1/64 > no shutdown > exit.