MODULO II:
Protocolos de Capa Internet: IPv6

Objetivos

- Generalidades del Protocolo
  - Comparativas con IPv4
- Direcciones IPv6
  - Representación
  - Tipos de Direcciones
    - Direcciones Unicast
    - Direcciones Multicast
    - Direcciones Anycast
- ICMPv6
  - MTU Path Discovery
  - NDP
  - Proceso DAD
  - Proceso NUD
  - Proceso SLAAC
- Coexistencia IPv4 – IPv6

IPv6

- IP v1-3 definidos y reemplazados
- IP v4 – Versión Actual
- IP v5 – Protocolo de Stream
  - Procolo orientado a conexión.
  - Documentado en RFC 1819
  - Idea principal: ofrecer tráfico de tiempo real con calidad de servicio.
- IP v6 – reemplazo de IP v4
  - **RFC 2460 (1998)**

Porque cambiar IPv4

- Espacio de Direcciones Exhausto
  - Dos niveles de direccionamiento (network y host) desperdicia espacio
  - Crecimiento de Redes y la Internet
  - Uso Extendido de TCP/IP (no solo para redes de datos)
  - Dirección única asignada a cada host. Podrían necesitarse más de una dirección por host, lo cual aumentaría la necesidad de direcciones.
- Requerimientos de nuevos tipos de servicios.
  - IPv4 es un protocolo viejo que no considera aspectos como calidad de servicio, seguridad, etc.

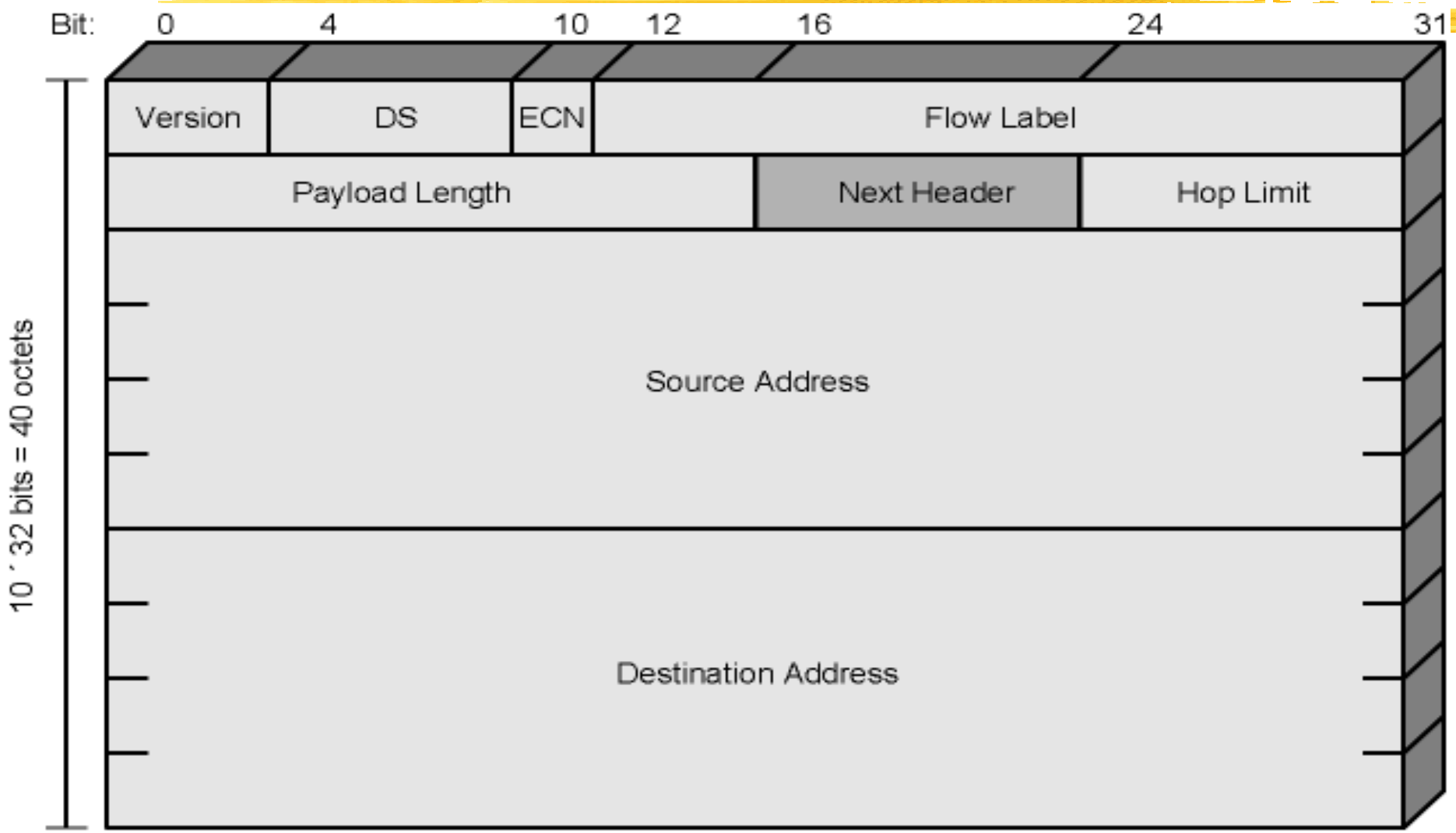
Mejoras de IPv6

- Espacio de Direcciones Expandido
  - 128 bits (aumento del espacio de direcciones en 2^96)
  - 6x10^23 direcciones x mts^2 de la tierra!!!
- Mecanismo de Opciones Mejorado
  - Encabezamiento opcional ubicado entre el header IP y header de capa de transporte.
    - Mejora velocidad y procesamiento simplificado de routers.
    - Simplicidad en la extensión de opciones.
- Autoconfiguración de Direcciones
  - Asignación dinámica de Direcciones.
    - Uso de autoconfiguración de direcciones "stateless " (routeables)
    - Autoconfiguración de Direcciones "Stateful" (con DHCPv6)
- Elimina el uso de NAT/PAT
  - Las direcciones IPv6 son públicas dentro y fuera de la organización.
  - Esto permite implementar aplicaciones problemáticas de resolver con NAT/PAT como Voz sobre IP, Peer-to-peer, video conferencia.
  - Uso de NAT64 para compatibilidad hacia atrás con IPv4.

Mejoras de IPv6

- Mayor Flexibilidad en el Direccionamiento
  - Se eliminan los “broadcasts”.
    - IPv6 utiliza un mecanismo llamado **solicited node multicast addresses** para reemplazar ARP (usa Multicast).
    - Se introduce una dirección “**all-node multicast address** “ similar al Broadcast IPv4.
  - **Anycast** – Dirección a un nodo cualquiera dentro de un conjunto de nodos.
  - Mejora en escalabilidad de ruteo multicast
- Soporte de asignación de recursos
  - Reemplazo del campo Tipo de Servicio (IPv4)
  - Etiquetado de paquetes para un flujo determinado
  - Ejemplo de uso: Video, voz.
- Seguridad
  - Implementa autenticación, integridad y privacidad
- Herramientas de Transición
  - IPv6 posee varias herramientas que ayudan a la transición de IPv4 a IPv6 como Tunneling y NAT.

Cabecera IPv6

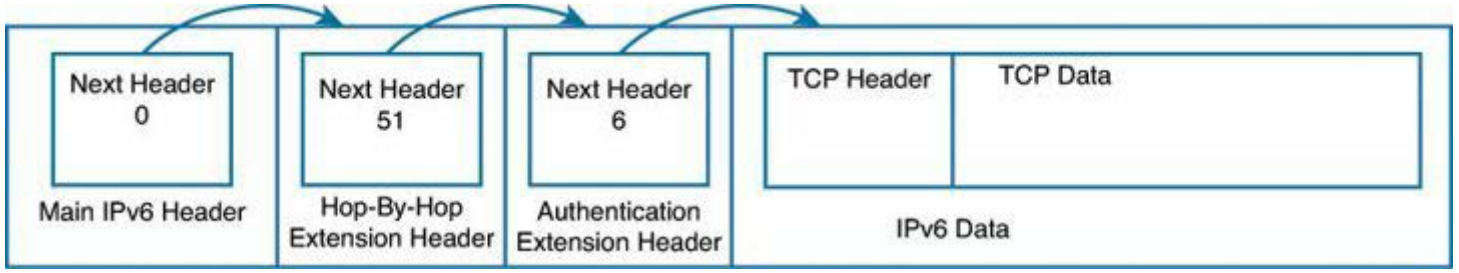


Campos de la cabecera IP v6

- Version (4 bits)
  - 6
- Clases de Tráfico (DS/ECN) (8 bits)
  - DS: Differentiated Service (6 bits)
  - ECN: Explicit Congestion Control (2 bits)
  - Clases o prioridades de paquetes.
  - Campo similar al “Type of Service” de IPv4
- Etiquetado de Flujo (20 bits)
  - Usado por hosts que requieren un trato especial en el tráfico.
  - Identifica un flujo contínuo de paquetes de una dada aplicación.
  - Campo “experimental” por el momento.
- Longitud del “Payload” (16 bits)
  - Incluye todas las **extensiones** del encabezamiento mas el PDU de transporte.

Campos de la cabecera IP v6

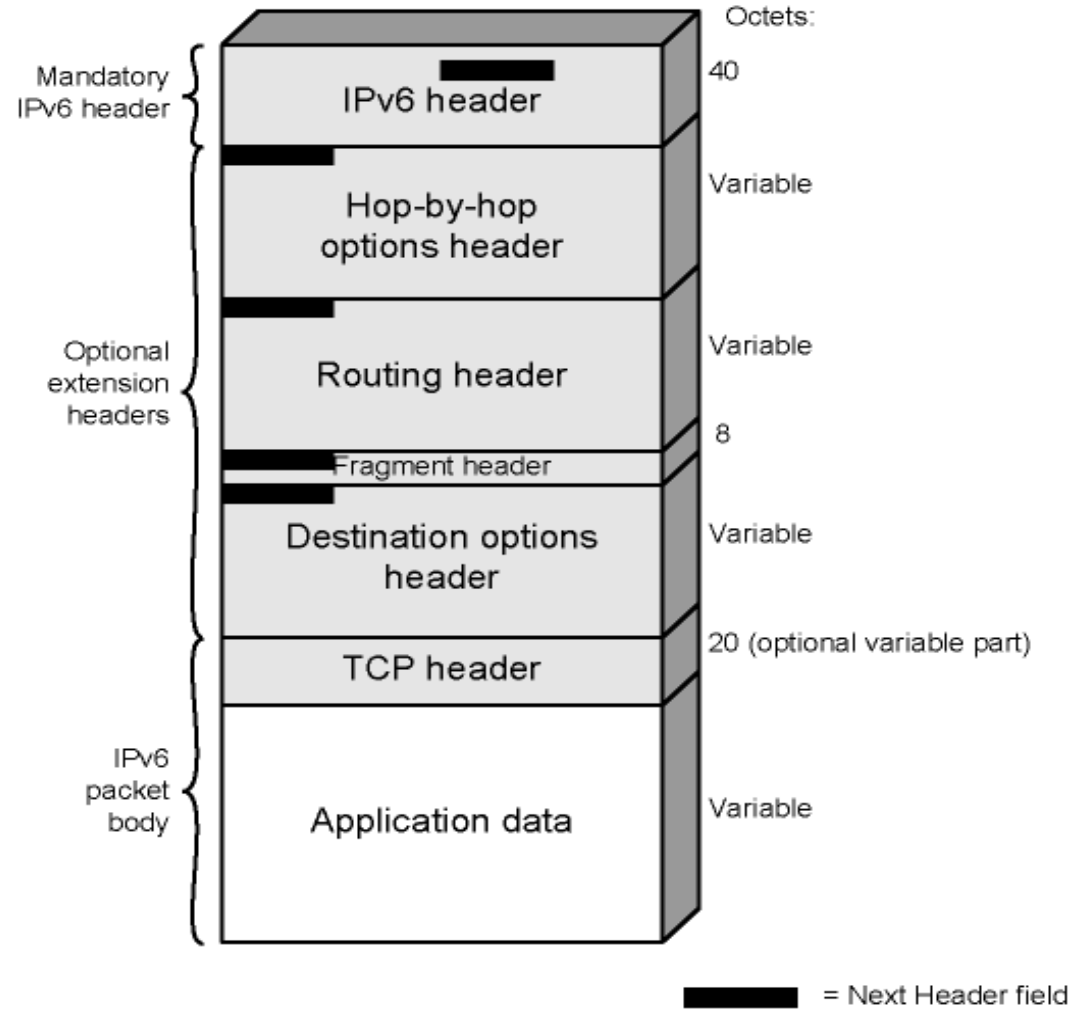
- Próximo Header (8 bits)
  - Identifica el tipo de Encabezado que sigue al Header de tamaño fijo:
    - Extensión del Header IPv6
    - Encabezado de la capa de transporte.
  - Lista completa en: www.iana.org/assignments/protocol-numbers/protocol-numbers.xml
    - Encapsulación de:
      - **IPv4: 4**
      - **IPv6: 29**
    - Encabezado de Fragmentación: **2C**
- Límite de Saltos (8 bits) – Similar a TTL
- Dirección Origen (128 bits)
- Dirección Destino (128 bits)



Observaciones

- IPv6 no permite Fragmentación y Reensamblado en **routers intermedios** (solo en origen).
  - Si un router recibe un **paquete demasiado grande**, descarta el paquete y envía un mensaje ICMPv6.
  - Nodo deberá enviar un paquete de menor tamaño.
  - Se realiza esto para mejorar la performance global del protocolo IP
- No se computa Checksum del Header
  - Se considera que el checksum usado en capa de acceso a la red y protocolo de transporte es suficiente.
- Opciones: No existe un campo específico para opciones, sino que se pueden especificar cabeceras opcionales (“extension headers”)
- Se define un nuevo ICMP para IPv6 (RFC 2463)
  - Incluye nuevos códigos
  - Implementa IGMP (Multicasting)

IPv6 con Cabecera de Extensión



Extensiones de cabecera

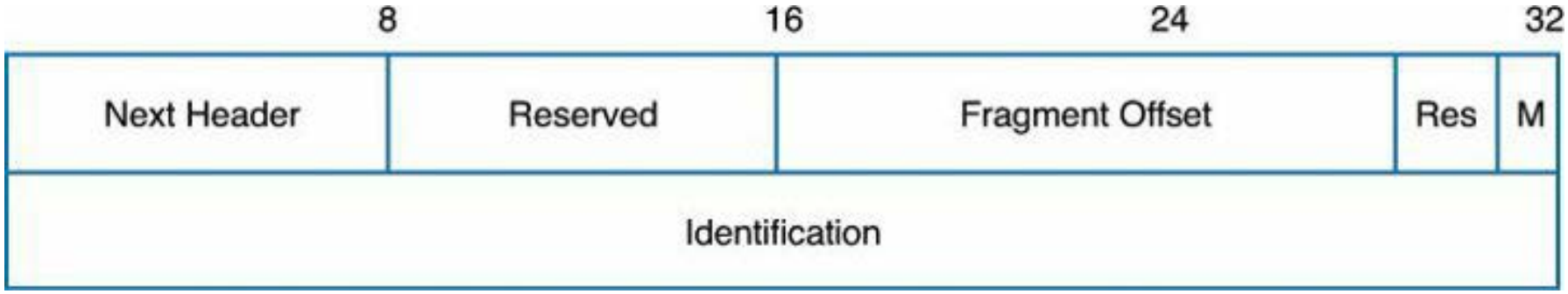
- Opciones Hop-by-Hop
  - Requieren procesamiento en cada router.
- Ruteo
  - Similar a IPv4 “source routing”
- Fragmentación
  - La fragmentación solo puede ser realizada por **host origen**
  - Este header contiene los campos necesarios para que el nodo destino ensamble.
- Autenticación
  - Provee integridad y autenticación de paquetes.
- Carga de Seguridad Encapsulada (“Encapsulating security payload”)
  - Provee privacidad
- Opciones de Destino
  - Información opcional para ser examinada en el nodo destino.

Orden

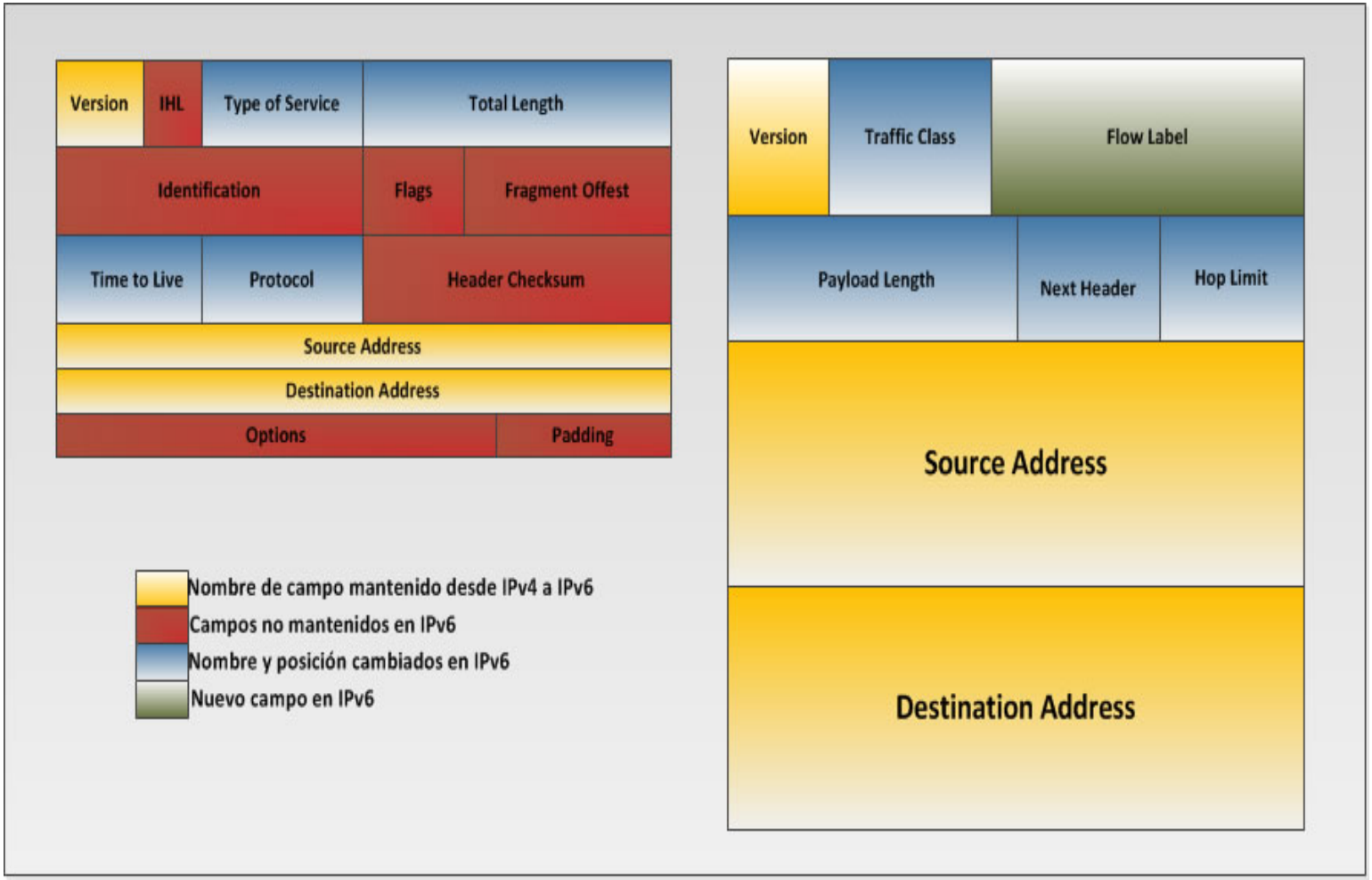
- RFC 2460 dice el orden en que deben usarse los headers de extensión cuando se usa mas de uno:
  1. Header IPv6 (Obligatorio)
  2. Opciones Hop-by-Hop
  3. Ruteo
  4. Fragmentación
  5. Autentication
  6. ESP: Encapsulating Security Payload
  7. Opciones de Destino
  8. Protocolos encapsulado (ICMP, TCP, UDP)

Ejemplo de Cabecera de Extensión: Fragmentación

- Este encabezamiento es usado cuando el nodo origen necesita fragmentar un paquete.
  - Los nodos intermedios NO realizan fragmentación
  - Si un router recibe un paquete IPv6 mas grande que el MTU de la interfaz de salida, descarta el packet y envía un mensaje ICMPv6 “Packet Too Big” al origen.
- Contenido similar al campo de fragmentación de IPv4 (sin el campo DF)



Comparación Header IPv4 vs IPv6



Observaciones: IPv4 vs IPv6 Header

- El encabezamiento IPv6 (sin extensiones) es más simple
  - Menor número de campos.
  - Menor procesamiento en router intermedios
- Tamaño mínimo de cabecera IPv6 es el doble que IPv4 (40 vs 20 bits)
- IPv6 remplazó el campo opciones de IPv4 por las cabeceras de extensión.
- El campo Payload Length de IPv6 solo expresa la longitud de datos encapsulados (y headers de extension). En IPv4 Total Length abarca también la cabecera.

Otras diferencias con IPv4

- IPv6 con la cabecera de extensión “Hop-by-Hop” y la opción de “Jumbo Payload” aumenta el tamaño potencial de un paquete IP de 65,535 bytes (IPv4) a **4,294,967,295** bytes (IPv6)
- IPv4 requiere que un nodo pueda retransmitir un paquete de **68 bytes sin fragmentación** (MTU Mínimo).
- Cada nodo IPv4 destino debe estar capacitado de recibir un paquete de un tamaño mínimo de 576 bytes (un único paquete o fragmentos del original).
- IPv6 requiere que cada enlace maneje un MTU mínimo de **1280 bytes** (1500 bytes recomendado).
- En UDP el campo de checksum (opcional), se convierte en **obligatorio** con IPv6.

Direccionamiento IPv6

- Longitud: 128 bits
- Dirección IPv6 se la representa con 32 dígitos Hexadecimales
- Cada 4 dígitos hexa (hexteto), se utiliza el carácter “:” como divisor.
- Por lo tanto se tienen **8** grupos de **4** dígitos hexadecimales para representar una IPv6
- Ejemplos:
  - 0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
  - 0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
  - FF02:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
  - FC00:0001:A000:0B00:0000:0527:0127:00AB
- Existen formas de comprimir este formato

Formato Comprimido.

- Se introducen dos formas de comprimir una IPv6:
  - 1) Reducción de 0´s más significativos de cada grupo de 4 dígitos
  - 2) Eliminación de grupos de 4 dígitos todos iguales a cero.
- Ejemplos:
  - 0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
    - 1) 0:0:0:0:0:0:0:0
    - 2) ::
  - 0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
    - 1) 0:0:0:0:0:0:0:1
    - 2) ::0001
    - 1 y 2) ::1
  - FF02:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
    - 1) FF02:0:0:0:0:0:0:1
    - 2) FF02::0001
    - 1 y 2) FF02::1
  - FC00:0001:A000:0B00:0000:0527:0127:00AB
    - 1 y 2) FC00:1:A000:b00::527:127:AB

Formato Comprimido

- Nunca abreviar dos grupos de 0´s separados por un grupo de dígitos que no sean todos ceros.
  - Ejemplo:
    - 2001::ABCD::1234 **INCORRECTO**
    - Esto podría traducirse a más de una dirección IPv6:
      - 2001:0000:0000:0000:0000:ABCD:0000:1234
      - 2001:0000:0000:0000:ABCD:0000:0000:1234
      - ...
- Se aconseja abreviar la mayor cantidad de 0´s posibles.
  - Ejemplo:
    - 2001:0000:0000:0000:0000:ABCD:0000:1234
    - 2001::ABCD:0:1234

Tipos de Direcciones IPv6

- 3 tipos de direcciones:
  - Unicast
  - Anycast
  - Multicast
- Observar que no existen los broadcasts

Direcciones Unicast

- Una dirección IPv6 Unicast identifica a una interfaz en un host, mas que un host en si.
- Una interfaz puede tener múltiples direcciones IPv6 (e incluso una IPv4).
- Existen varios tipos de direcciones unicast:
  - Global unicast
  - Link-local unicast
  - Unique local unicast
  - Unspecified address
  - Loopback address

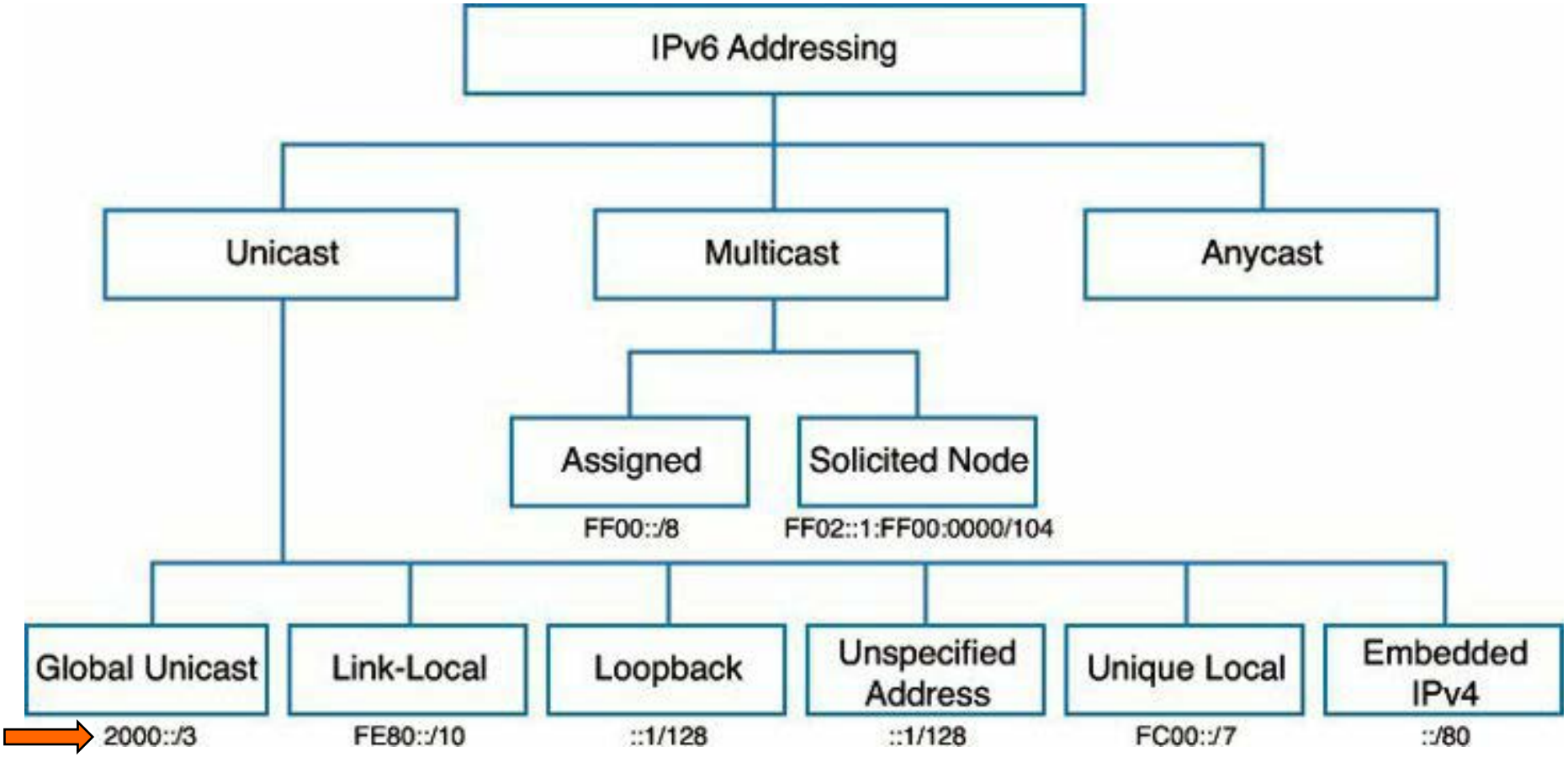
Direcciones Anycast

- Es una dirección **unicast** asignada a varios dispositivos.
- Un paquete enviado a una dirección anycast se entrega a solo **uno** de los dispositivos configurados con esa dirección.
- El paquete es entregado al dispositivo “mas cercano” (desde el punto de vista de ruteo).
- En IPv6 un dispositivo que se asignó una dirección anycast es explícitamente configurado para que reconozca que es una dirección de anycast.

Direcciones Multicast

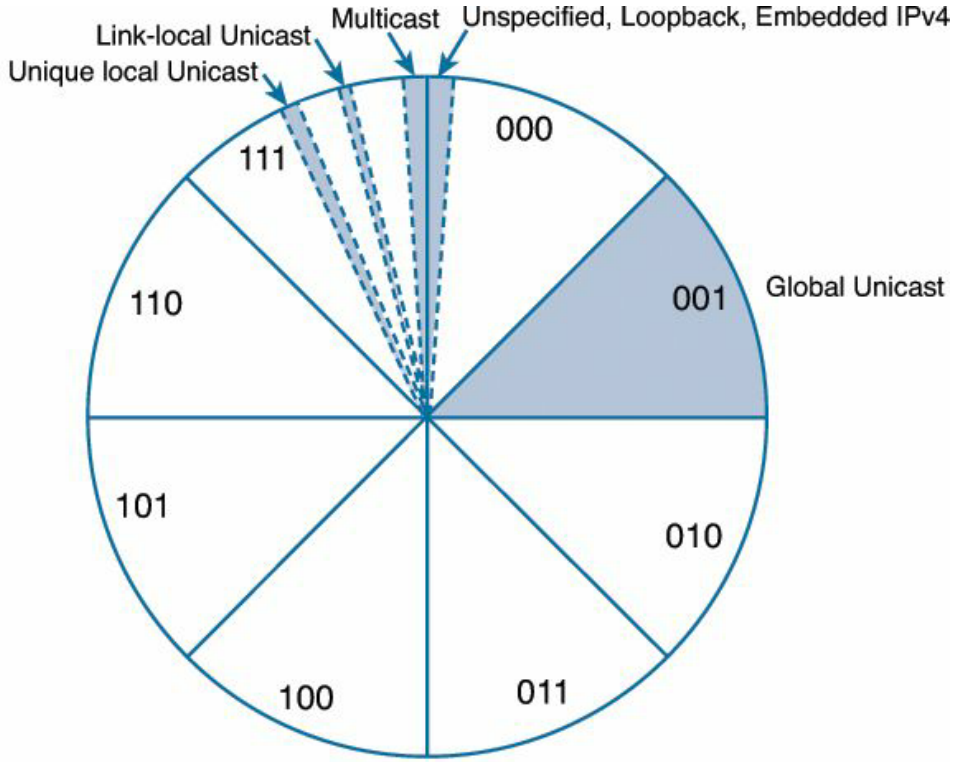
- Identifica un grupo de interfaces que típicamente pertenecen a diferentes dispositivos.
- Un paquete enviado a una dirección de multicast es entregado a todos los dispositivos identificados por dicha dirección.
- En IPv6 no existe la dirección de broadcast.
  - Se utiliza la dirección multicast **all-nodes**

Resumen Direcciones IPv6



Asignación de Direcciones IPv6 (IANA) – Secciones de 1/8

- Observar:
  - La mayoría del espacio de direcciones esta reservado para direcciones unicast (excepto una pequeña fracción para Multicast)
  - Las direcciones Global Unicast actualmente asignadas, comienzan con 001 (200**0**:: ... 3FFF::) y corresponden a 1/8 del espacio total
  - Asignación de direcciones Global Unicast: http://www.iana.org/assignments/ipv6-unicast-address-assignments/ipv6-unicast-address-assignments.xml
  - La mayor porción de direcciones permanece NO-Asignada por ICANN

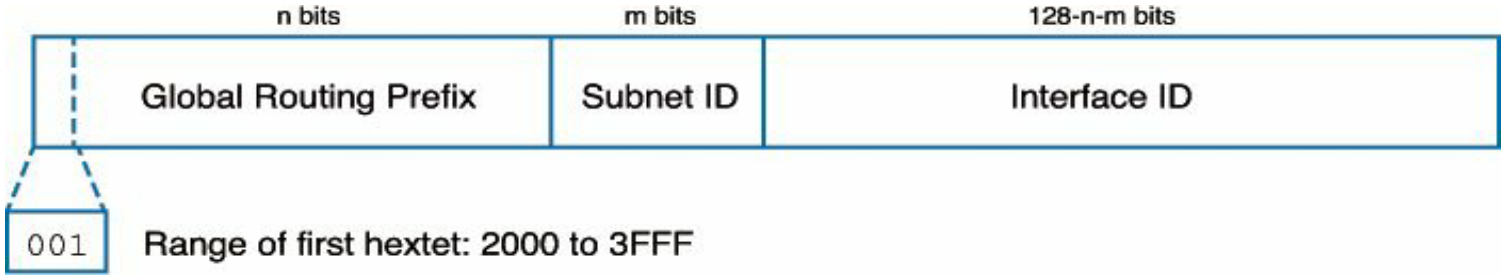


Observaciones

- La mayor parte del espacio de direcciones está reservado por IETF (casi un 7/8)
- Cada tipo de dirección tiene un rango del primer hexteto pre-establecido
  - Ejemplo: Global Unicast
    - Rango: 2000:: - 3FFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF
    - Solo predefinidos los tres primeros bits de la dirección.

Dirección Global Unicast

- Direcciones globalmente ruteables y alcanzables en la Internet IPv6 (equivalentes a IPv4 Públicas)
- Estructura:
  - Global Routing Prefix
    - Asignado por **ISP** al cliente final
    - Típicamente ***/48***
  - Subnet ID
    - Diferencia IPv4 - IPv6: En IPv6 el Subnet ID es un campo separado y no parte de la porción del Host ID
    - Típicamente 16 bits
    - Se pueden usar todos 0´s y 1´s
  - Interface ID
    - Equivalente al HostID
    - **Se pueden usar todos 0´s y 1´s**

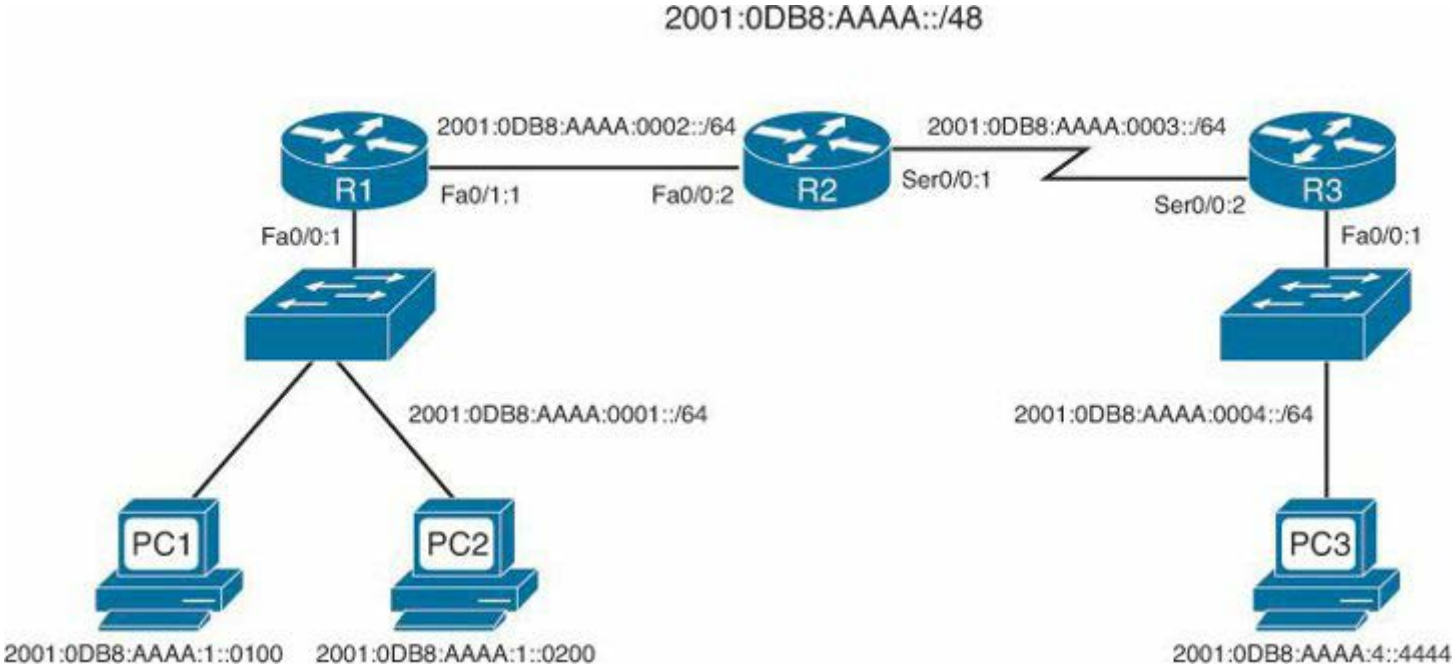


Dirección Global UNICAST

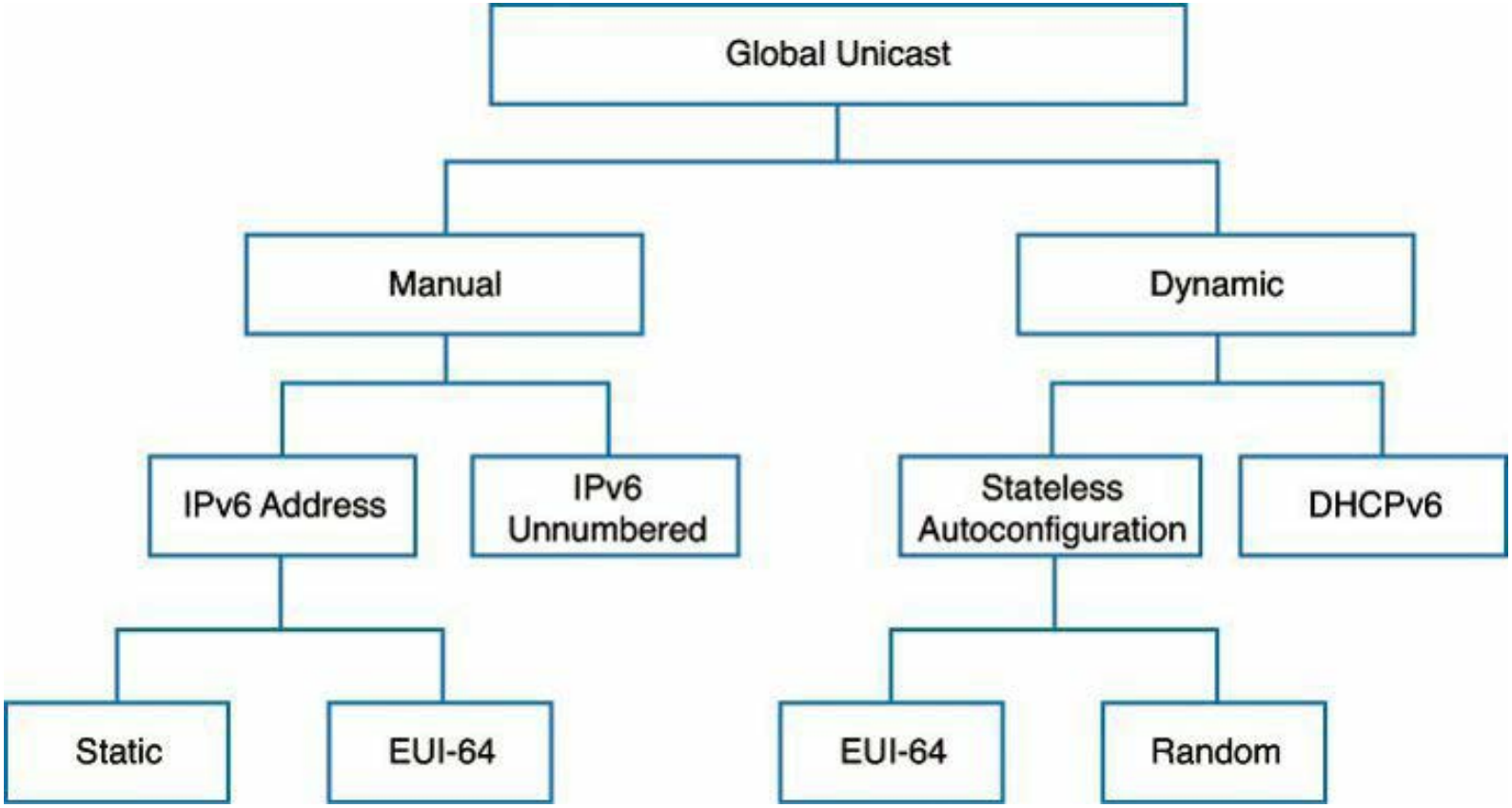
- Notación PI (Π): 314
  - 3 Hextetos Global Routing Prefix
  - 1 Hexteto para Subnet ID
  - 4 Hextetos para Interface ID
- Ejemplos:
  - 2001:0DB8:AAAA:1234:1111:2222:3333:4444
    - Global Routing Prefix: 2001:0DB8:AAAA
    - Subnet ID: 1234
    - Interface ID: 1111:2222:3333:4444
  - 2001:DB8:ABC::
    - Global Routing Prefix: 2001:0DB8:0ABC
    - Subnet ID: 0000
    - Interface ID: 0000:0000:0000:0000

Ejemplo de Topología.

- Global Routing Prefix: 2001:0DB8:AAAA (recibida del ISP)
- Se divide la red en 4 subredes (/64):
  - 2001:DB8:AAAA:0001/64, 2001:DB8:AAAA:0002/64
  - 2001:DB8:AAAA:0003/64, 2001:DB8:AAAA:0004/64

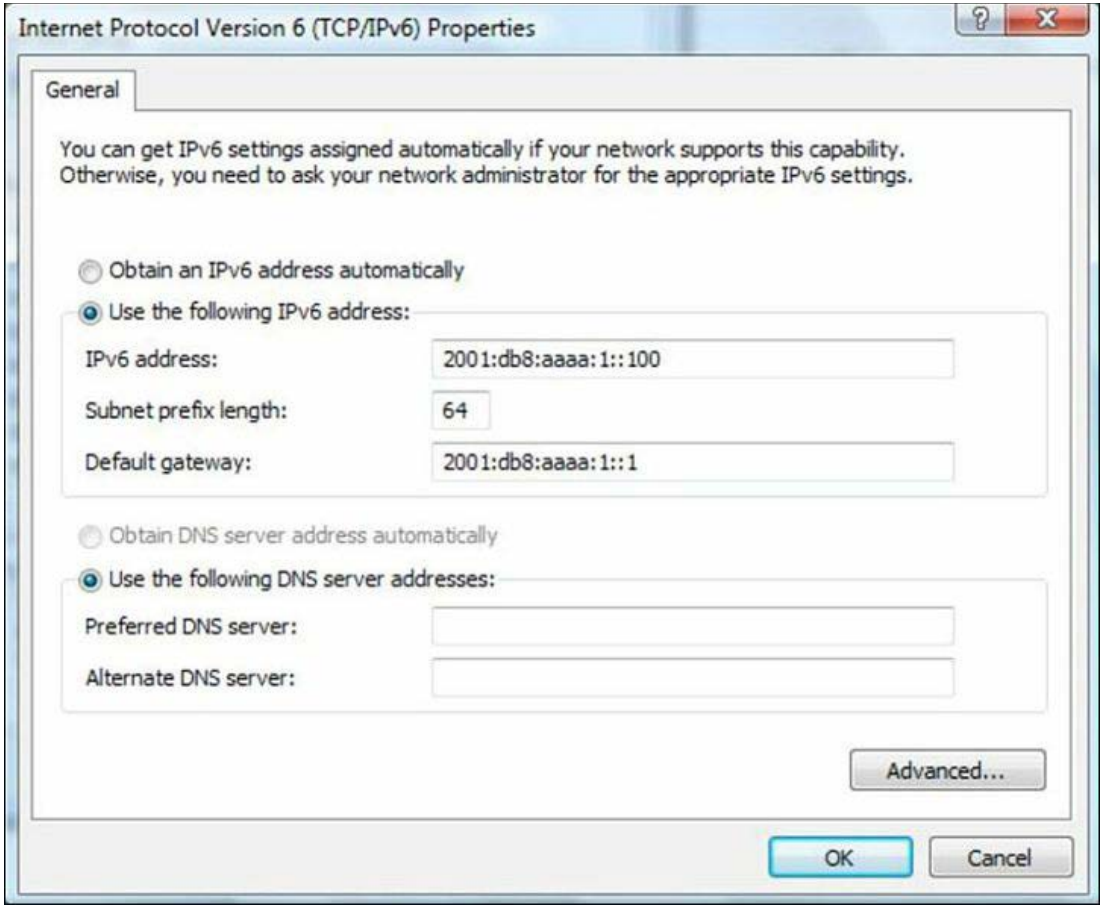


Configuración Manual o Dinámica de Global Unicast



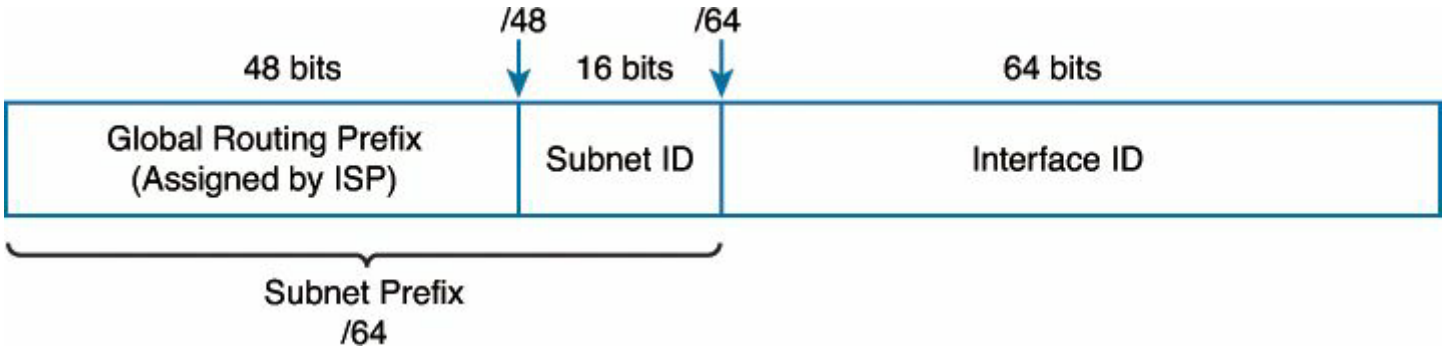
Configuración Manual - Estática

- Se configura igual que dirección IPv4
- Se debe especificar la longitud del prefijo
  - Notar: no incluye la longitud del prefijo de subnet.



Subnet ID vs. Prefix ID

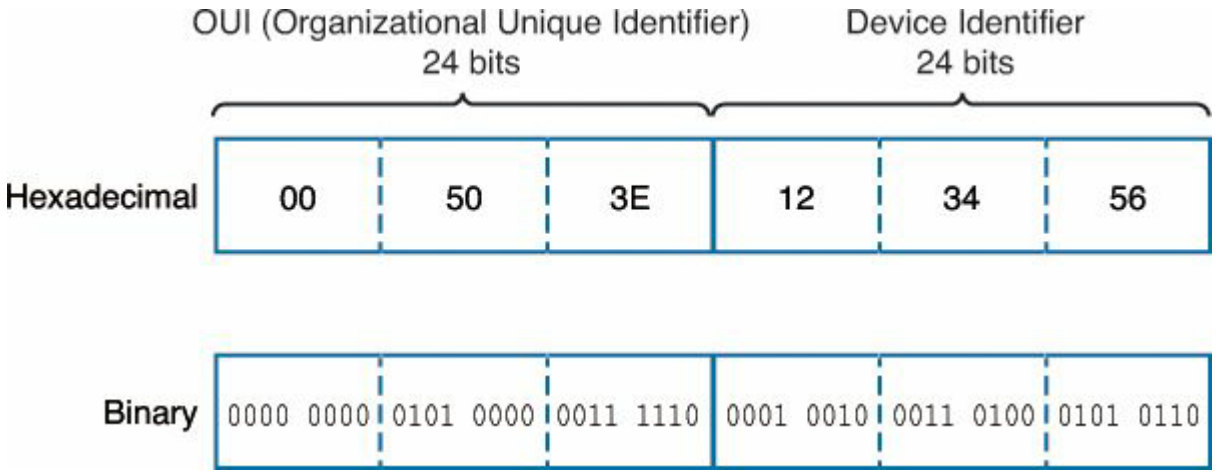
- Se distingue el Subnet ID y el Prefix ID



- El subnet ID es el contenido del campo usado para denotar subredes individuales.
- El Prefijo de Subred abarca al Global Routing Prefix y al Subnet ID
- Observación:
  - El prefijo puede extenderse por encima de /64 (por ejemplo /112) pero no es común su uso, salvo para casos específicos
  - Normalmente se usa prefijo /64 para permitir configuración automática de direcciones stateless

Configuración Manual: EUI-64

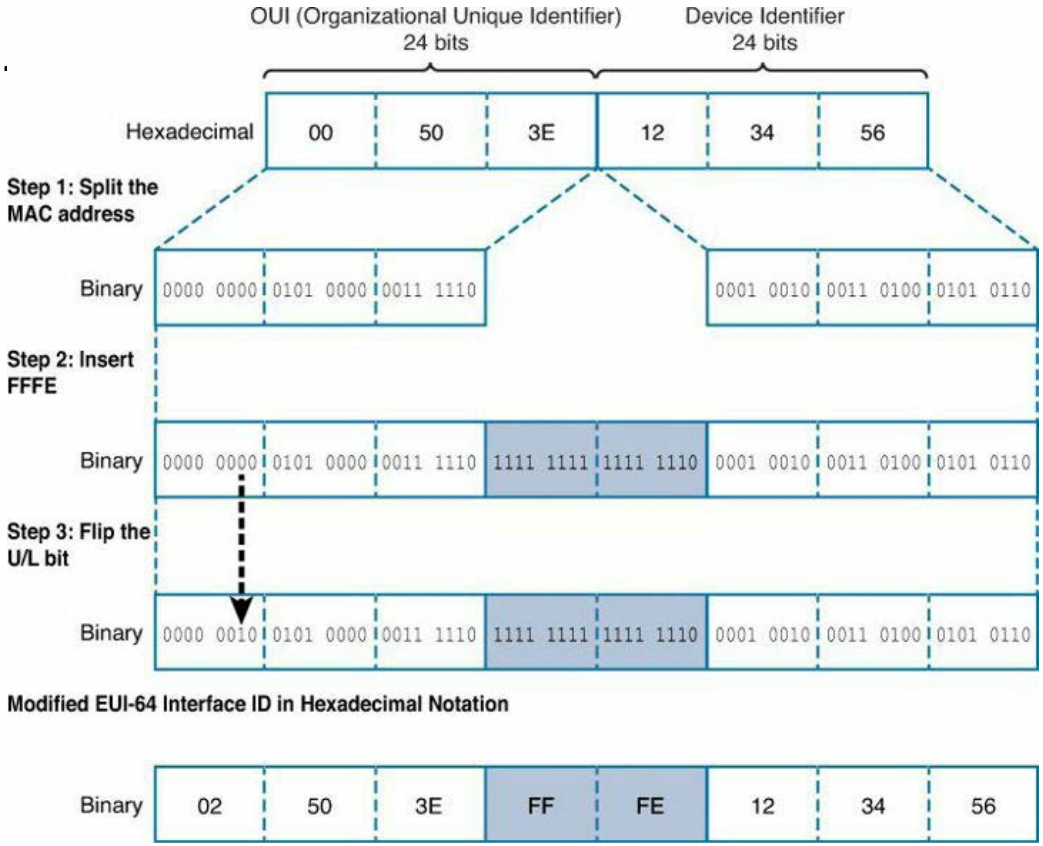
- Se configura la porción de Red en forma manual
- El proceso EUI-64 asigna automáticamente la porción de InterfaceID.
- Se parte de la MAC Add de la placa. Recordar:
  - 3 primeros Bytes: OUI (establecido por IEEE)
  - 3 últimos Bytes: Identificador de Dispositivo (establecido por el fabricante)



Algoritmo “Modified EUI-64”

1. Convertir MAC ADD a Binario. Dividirla en las dos porciones de 24 bits (OUI – Device ID).
2. Insertar **FFFE** entre las dos porciones divididas.
3. Invertir el Universal/Local bit (7mo bit del primer Byte)

- El resultado se conoce como Modified EUI-64 Interface ID
- Ejemplo:
  - Mac: 00-50-3E-12-34-56
    - OUI: 00-50-3E
    - Device ID: 12-34-56
  - Inserción FF:FE
    - 00-50-3E-FF-EE-12-34-56
  - Invertir 7mo bit – 1er Byte
    - 02-50-3E—FF-FE-12-34-56
- Ejemplo de Configuración (Cisco):
  - ipv6 address 2001:0db8:aaaa:0001::/64 **eui-64**
- Los sistemas operativos de computadoras normalmente no permiten este tipo de configuración



Configuración Dinámica

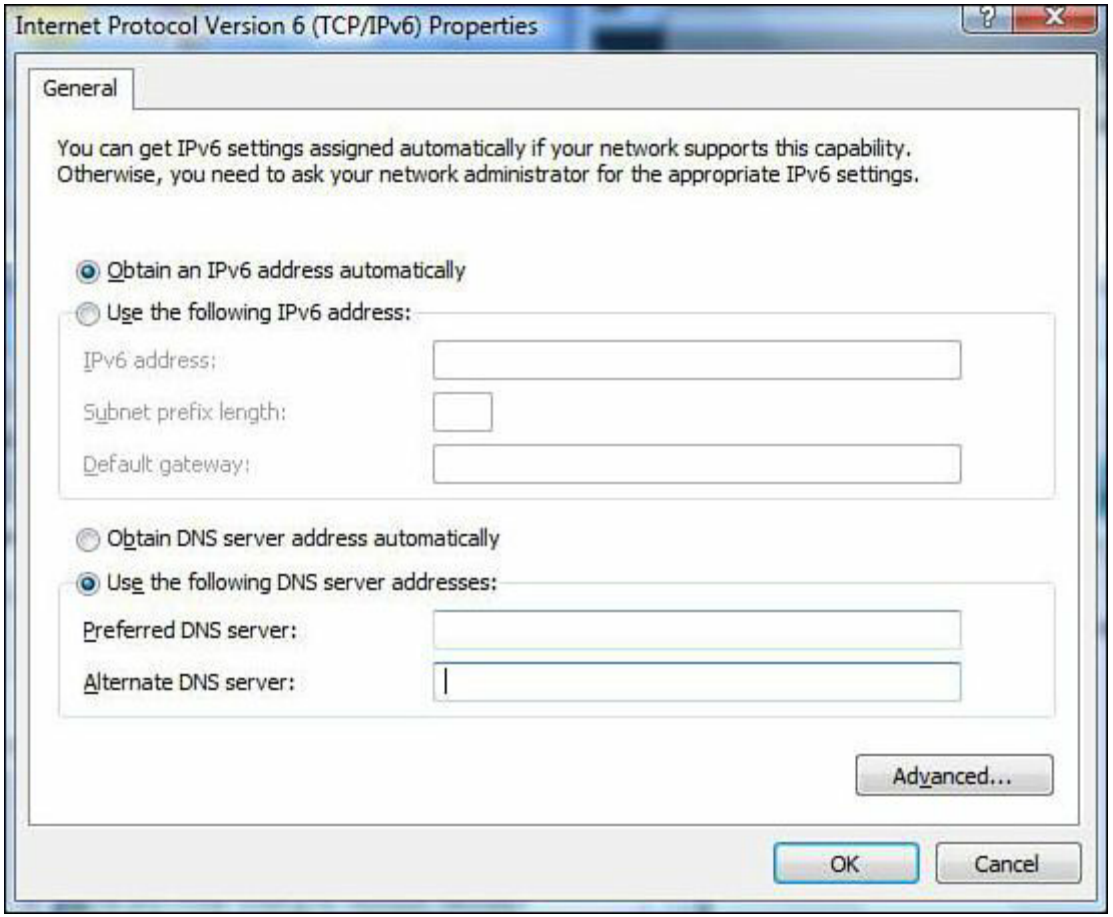
- Dos métodos:
  1. Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC)
  2. DHCPv6

SLAAC (RFC 4862)

- Utiliza el IEEE-Modified EUI-64 para la Interface ID.
- El **Prefijo de Subred** lo obtiene a través del **router** mediante el protocolo "**Neighbor Discovery**" (NDP o ND).
- NDP utiliza a su vez a ICMPv6 para su funcionamiento.
- Los dispositivos pueden recibir mensajes ND para determinar automáticamente:
  - Prefijo de red
  - Longitud del prefijo
  - Default gateway
  - Otra información.
- La dirección obtenida es "**Stateless**" (no recuerda datos del cliente de un request al próximo).
- Debe haber una verificación posterior de no-duplicidad.

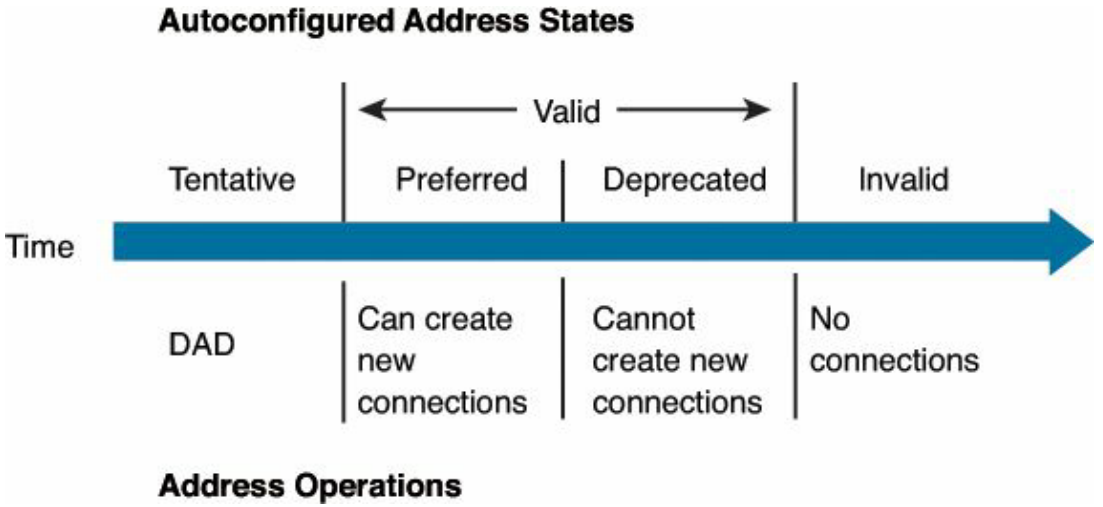
Asignación Dinámica en MS

- El host obtendrá una dirección SLAAC o vía DHCPv6 (si está presente)



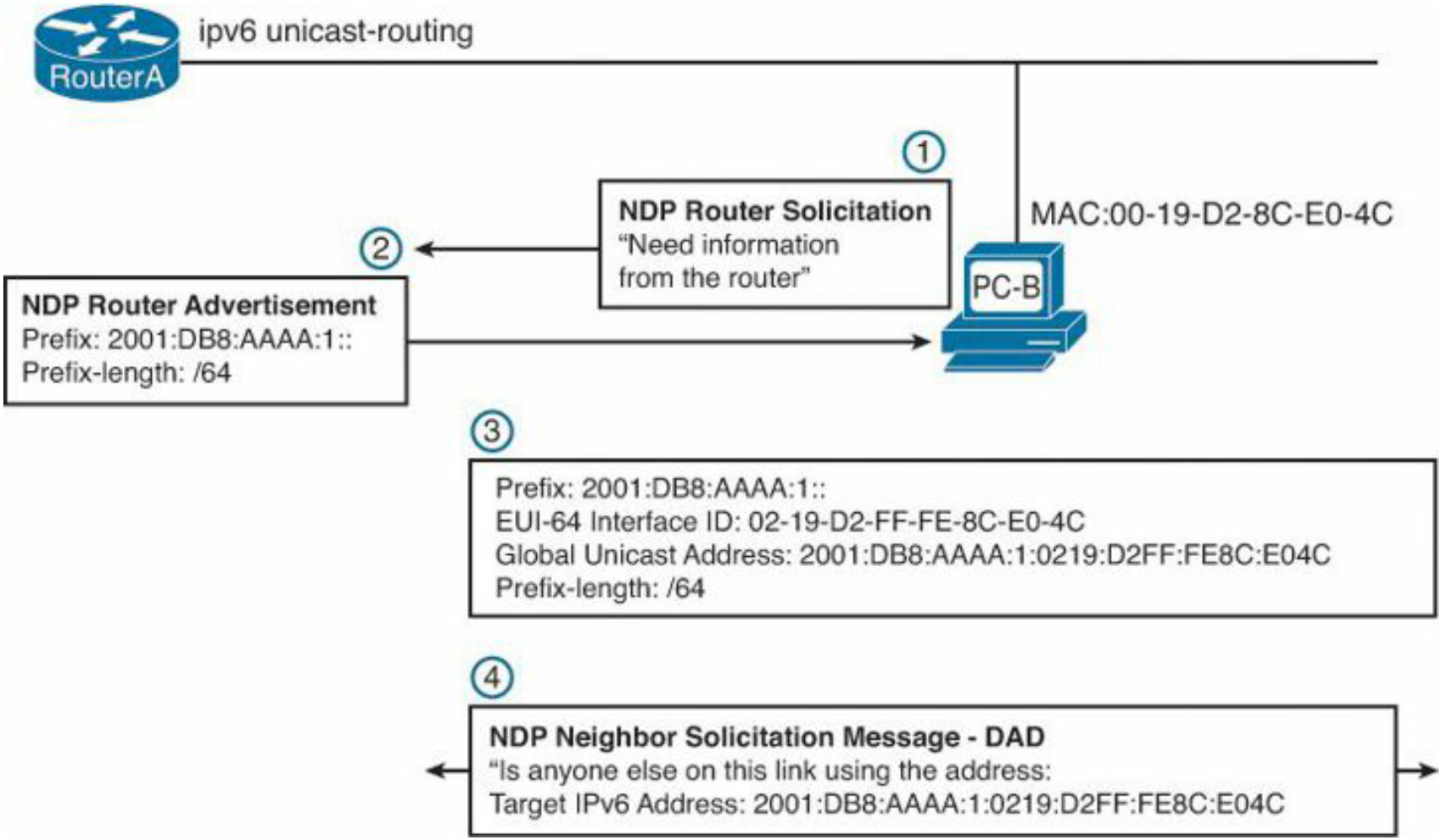
Estados de Direcciones SLAAC

- Una dirección IPv6 **Stateless** puede estar en uno o mas de los siguientes estados:
  - Tentativo: Siendo verificada si es única.
  - Preferida: Verificada que es única. Tiempo de validez incluido en el mensaje del router (ND)
  - Obsoleta (“Deprecated”): Válida pero se aconseja no usarla (se la puede seguir usando en conexiones existentes pero no para nuevas conexiones).
  - Válida: Preferida o en Desuso. Tiempo de validez mayor o igual al tiempo de vida de estado preferido.
  - Inválida: Tiempo de vida expirado. No pueden ser usado como dirección destino u origen.



NOTA: DAD Duplicate Address Detection

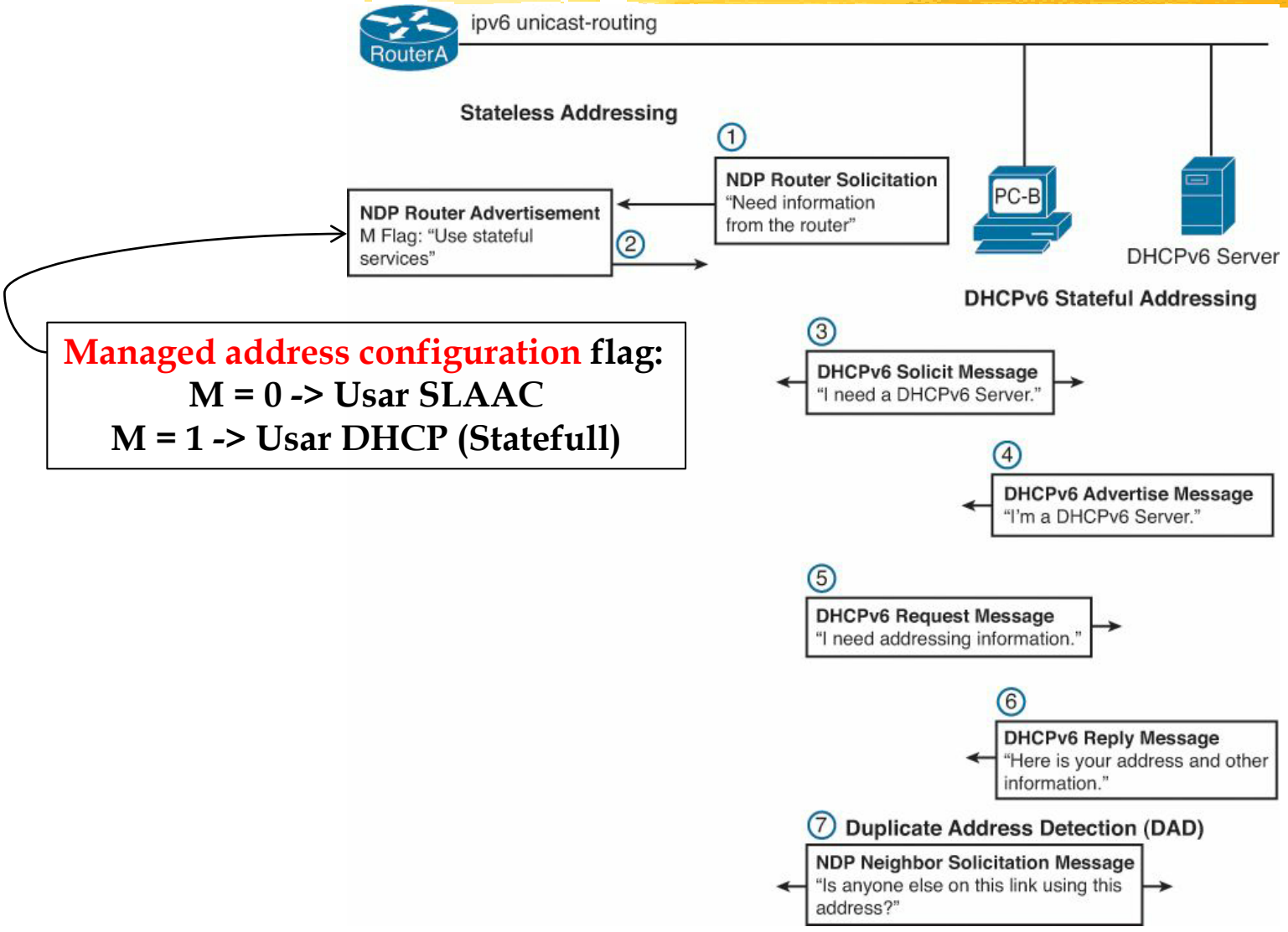
Proceso para obtención IPv6 SLAAC



DHCPv6 (RFC 3315)

- Provee direccionamiento similar a DHCPv4
- Puede ofrecer autoconfiguración stateful o stateless
- El cliente selecciona uso de:
  1. Dirección stateless usando Router Advertisements
  2. Stateful con DCHPv6
- La próxima transparencia muestra:
  - Elección de dirección Stateless o Stateful
  - Obtención de dirección con DHCPv6

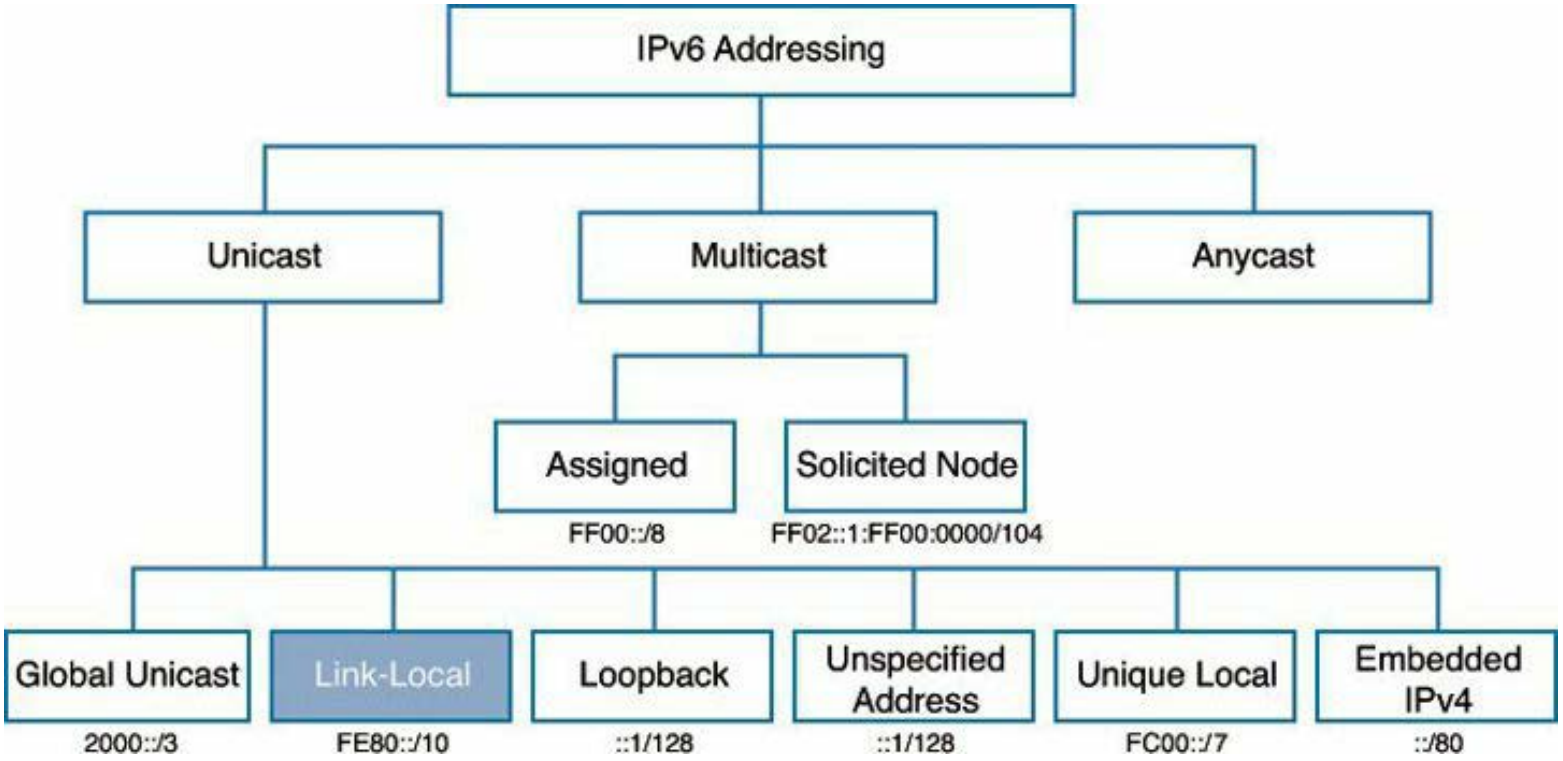
Obtención IPv6 Stateful (DHCPv6)



Managed address configuration flag:
M = 0 -> Usar SLAAC
M = 1 -> Usar DHCP (Statefull)

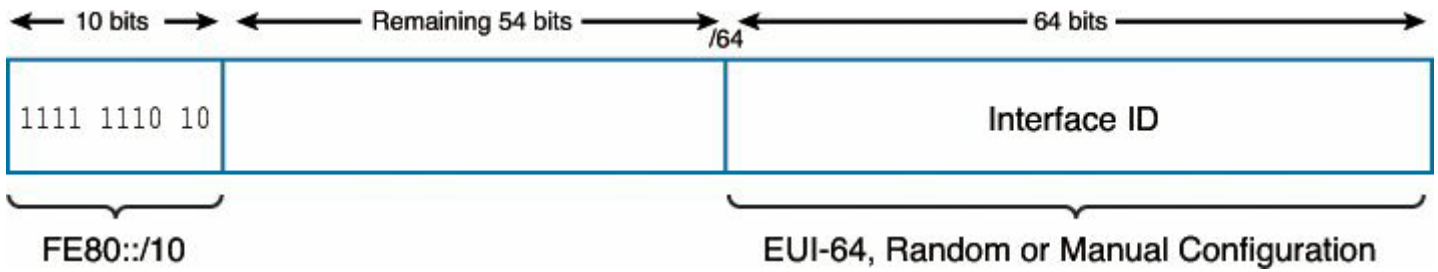
Direcciones Link Local (unicast)

- Confinadas a un único enlace
- **No-routeable** (un router nunca reenvía un paquete con esta dirección)
- Similares a las direcciones APIPA



Direcciones Link-Local

- Son creadas por un dispositivo sin la necesidad de un servidor DHCPv6 ni de mensajes de Router Advertisement.
- Formato:



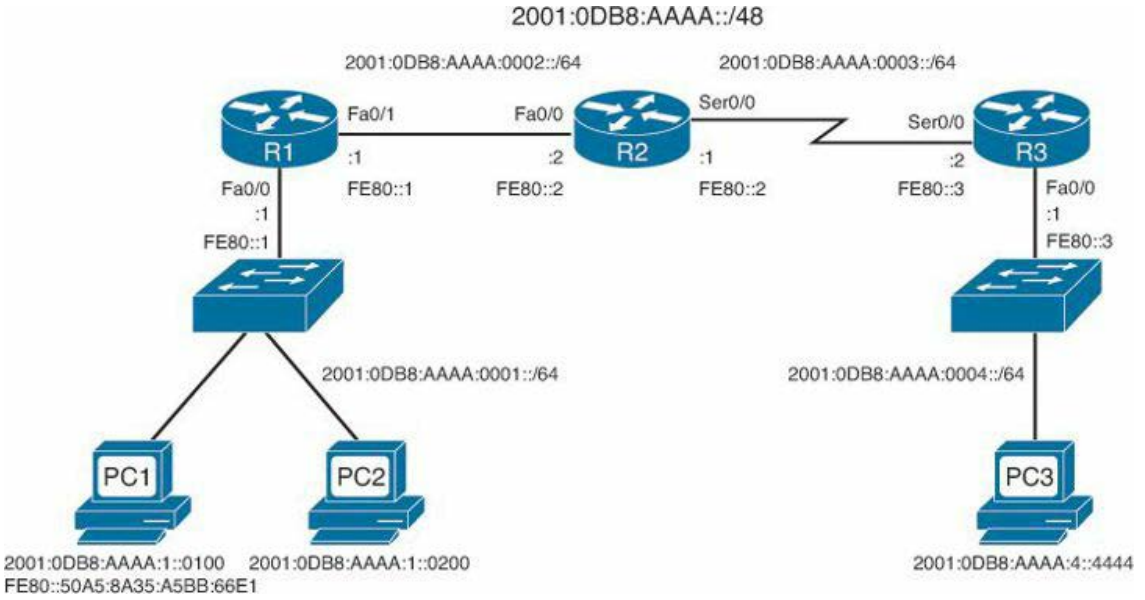
- Prefijo: FE80::/10 (Rango del primer Hexteto: FE80 a FEBF)
- 54 bits que siguen al prefijo son 0's
- La interfaz ID puede ser obtenida por 3 métodos:
  - Dinámicamente (EUI-64)
  - Interface ID generado aleatoriamente.
  - Estáticamente (ingreso manual)

Direcciones Link-local

- Las direcciones Link-local se crean automáticamente cuando se habilita IPv6 en una interface:
  - Cada vez que se configura una Global Unicast se crea una link-local automáticamente.
  - También se puede crear al habilitar una interfaz (sin crear una dirección IPv6):
    - Ejemplo: **#ipv6 enable**
- Usos de Direcciones Link-local
  - Son usadas (no como las APIPAS...)
  - Utilizada como **Default Gateway** por Routers en sus “Router Advertisements messages”.
  - Utilizada por routers que corren protocolos de ruteo dinámico como EIGRP para IPv6 y OSPFv3 para establecer adyacencias.
  - Las rutas dinámicas en las tablas de ruteo IPv6 utilizan la dirección de link-local como su dirección next-hop.

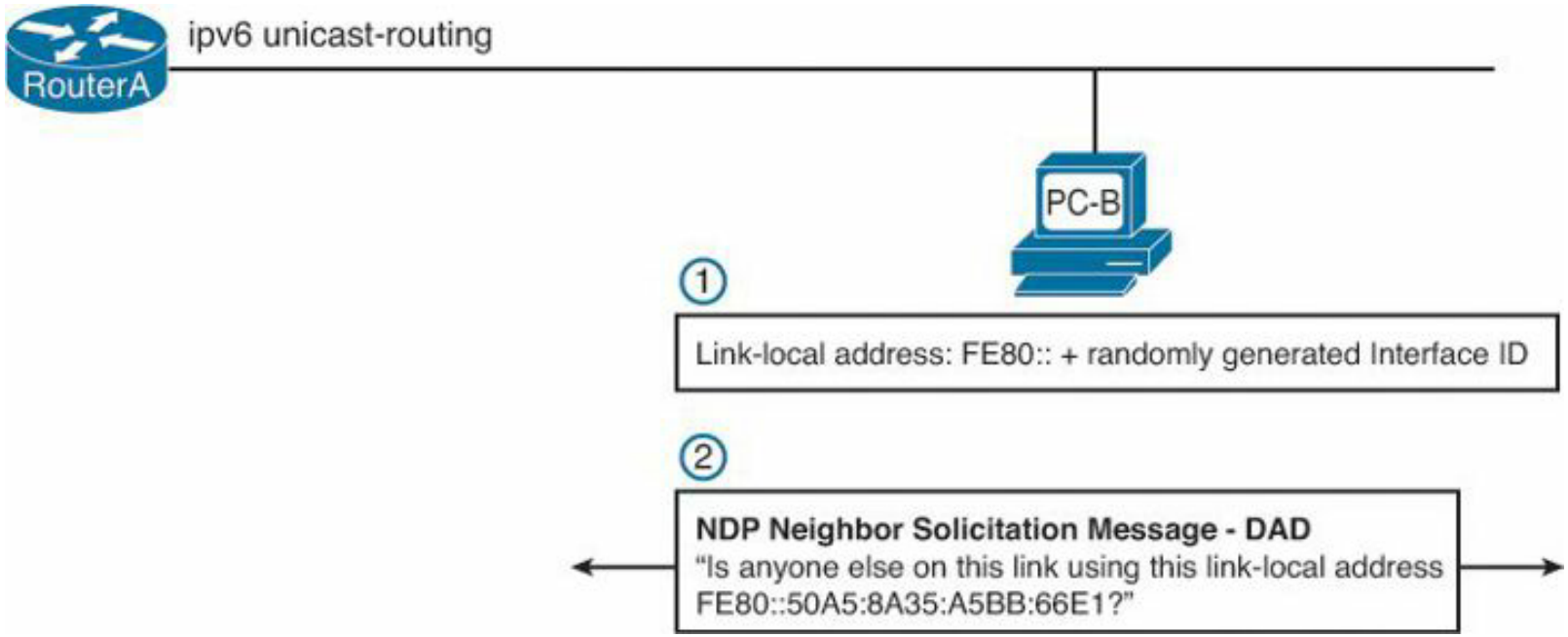
Direcciones Link-Local: Obtención

- Interfaz ID generada aleatoriamente
  - Se elimina la trazabilidad de una dirección IPv6 y la MAC Address (privacidad).
  - Su uso depende del dispositivo:
    - Routers CISCO normalmente usan EUI-64
    - MS superiores a XP usan Interfaz ID Aleatorio.
- Interfaz ID estática
  - Usualmente configurada en interfaces de **routers** para que sea más **legibles**
  - Se termina la dirección usando dígitos bajos



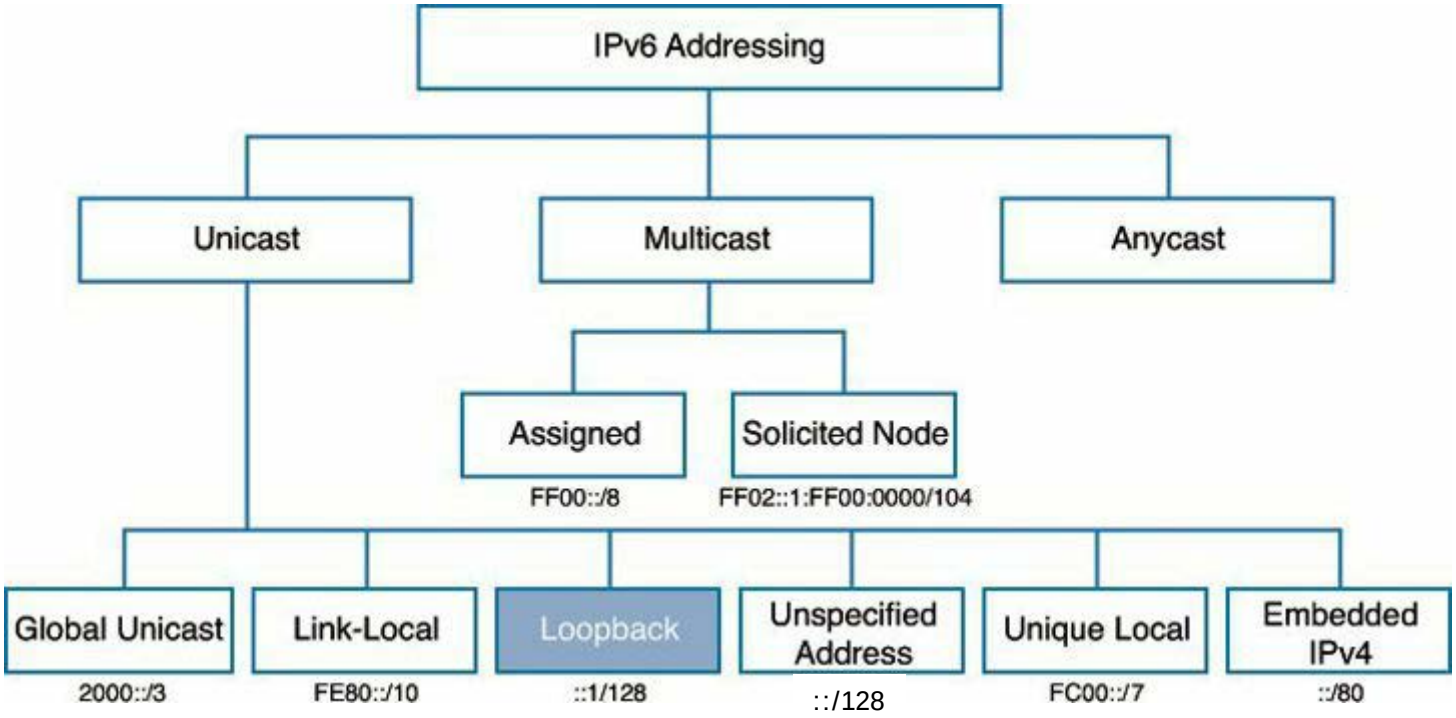
Link Local: DAD

- Las direcciones link local configuradas manual o automáticamente pueden ser duplicadas.
- Con DAD se detecta duplicidad de direcciones.
- Si hay duplicidad aparece un mensaje de warning
  - Ejemplo Cisco: *%IPV6-4-DUPLICATE: Duplicate address FE80::3 on Serial0/0



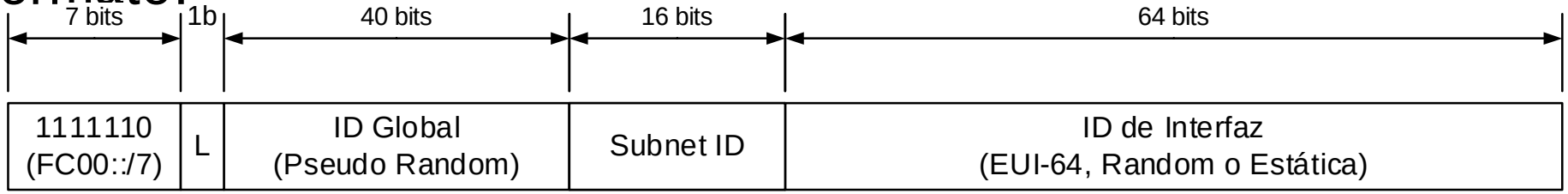
Dirección Loopback y Unspecified

- Loopback
  - ::1/128
- Unespecified (usado para denotar “este” host)
  - ::/128



Unique Local Address ó ULA (unicast) – RFC 4193

- Equivalente a las direcciones IPv4 Privadas pero **globalmente únicas**.
- Usadas dentro de la red corporativa pero **NO** ruteables a Internet (si en la red privada)
- Formato:



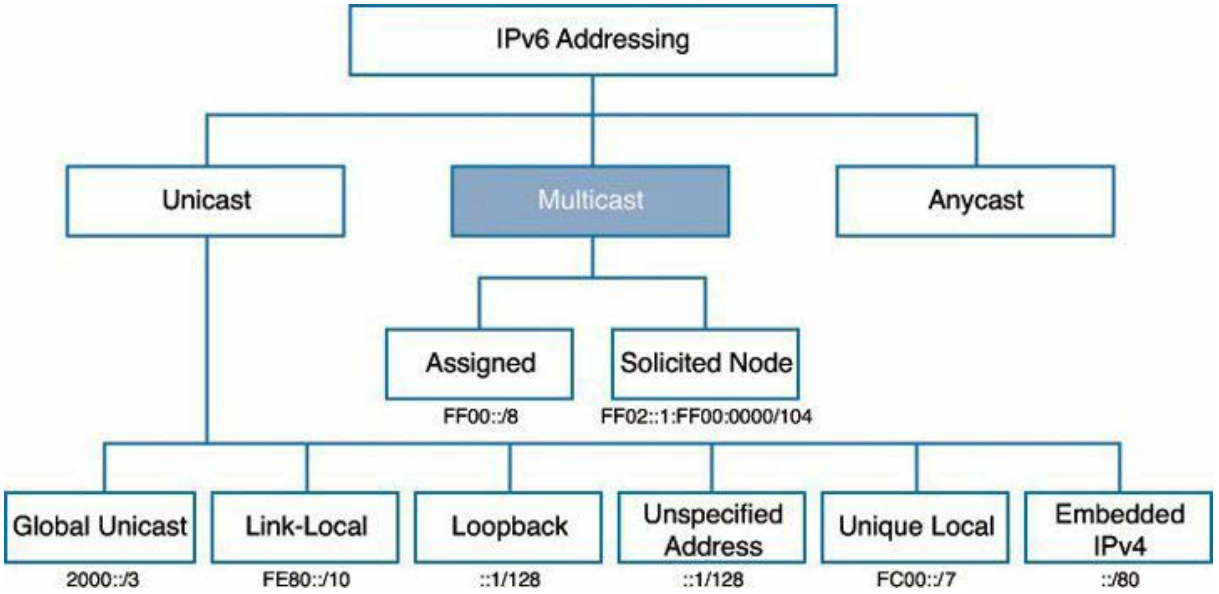
- Características:
  - Bit L siempre en 1.
  - Posee un prefijo global único (alta probabilidad de ser único). (RFC 4193)
  - Permite que sitios se conecten en forma privada sin conflicto de direcciones o renumerado de direcciones.
  - Independiente de cualquier ISP (direcciones privadas)
  - Aunque son privadas son únicas globalmente

Direcciones IPv4 Embebidas

- Usadas para transición de IPv4 a IPv6
- Dos tipos:
  - IPv4-compatibles IPv6 (discontinuadas)
    - Formato: 0:0:0:0:0:0:0:ipv4
    - Ejemplo: 0:0:0:0:0:0:0:189.14.8.97
  - IPv4-mapeadas a IPv6 (en uso)
    - Idéntico al anterior excepto que precedido por FFFF antes de IPv4:
    - Formato: 0:0:0:0:0:0:**FFFF**:ipv4
    - Ejemplo: 0:0:0:0:0:0:**FFFF**:189.14.8.97

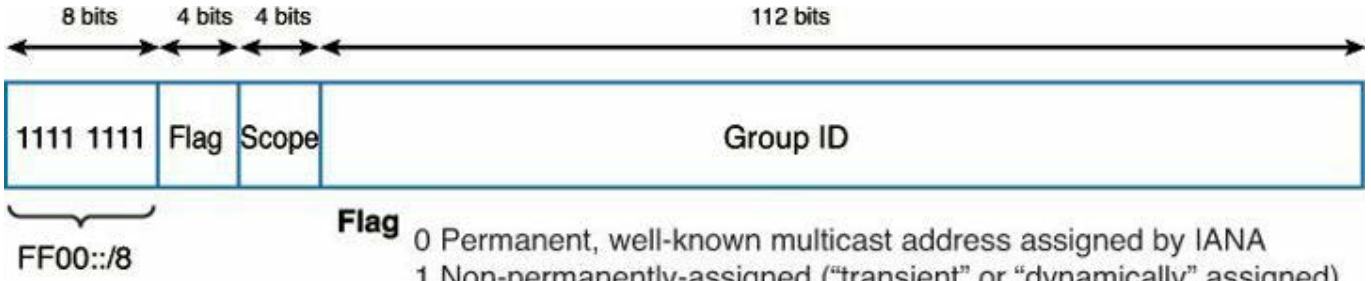
Direcciones Multicast

- Define a un grupo de dispositivos (grupo *multicast)*
- Equivalente a IPv4: 224.0.0.0/4.
- Un paquete enviado a un grupo multicast siempre tiene un dirección origen unicast.
- Una dirección multicast **nunca** puede ser usada como dirección **origen**.
- Posee el prefijo **FF00::/8**



Direcciones Multicast

- Estructura:



Flag

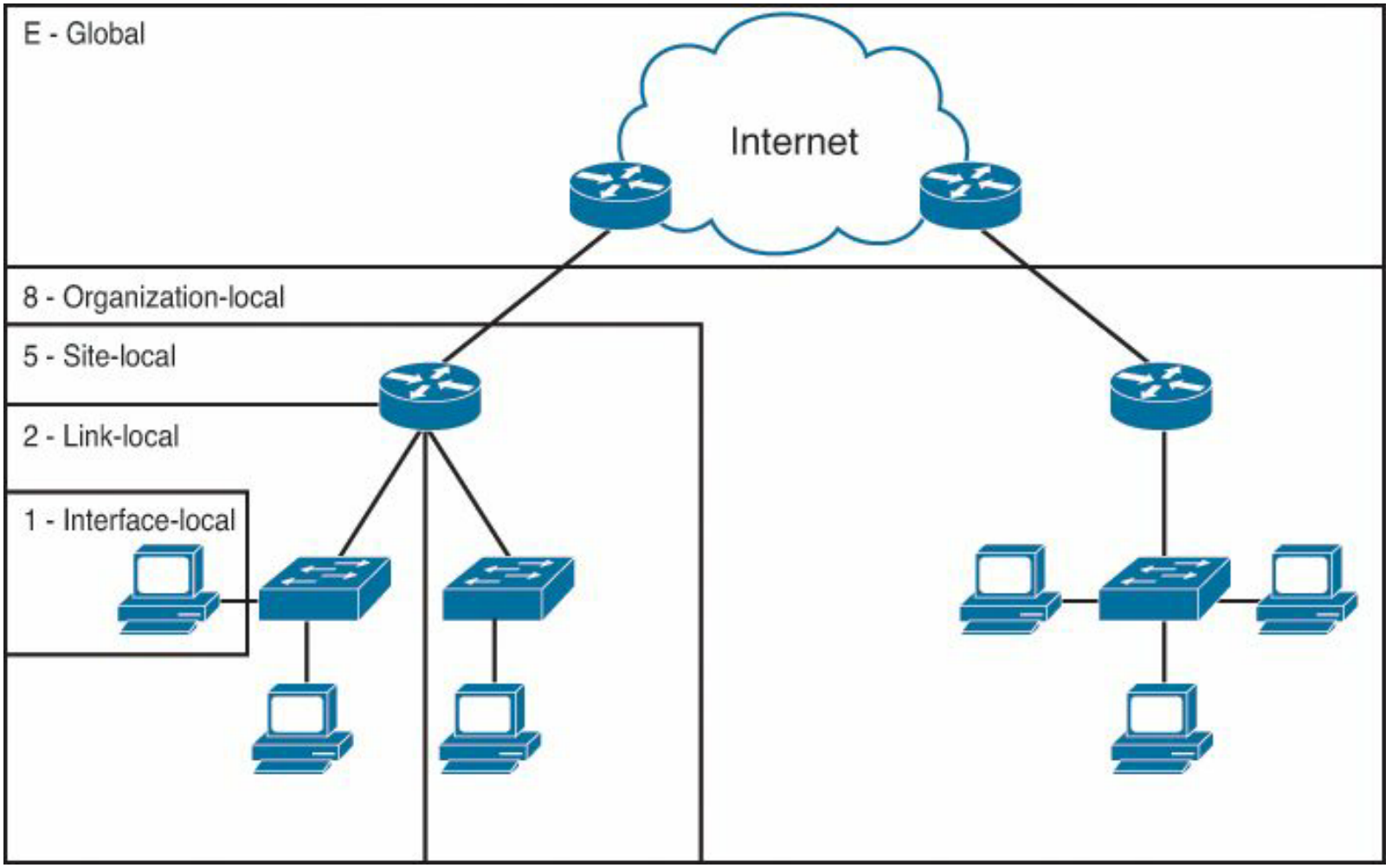
0 Permanent, well-known multicast address assigned by IANA
1 Non-permanently-assigned ("transient" or "dynamically" assigned) multicast address

Scope

0 Reserved
1 Interface-Local scope
2 Link-Local scope
3 Unicast-prefix-based address
4 Admin-Local scope
5 Site-Local scope
6 Unassigned
7 Rendezvous Point flag
8 Organization-Local scope
9 Thru D Unassigned
E Global scope
F Reserved

Multicast Scope

- Ejemplo de usos de algunos scopes:



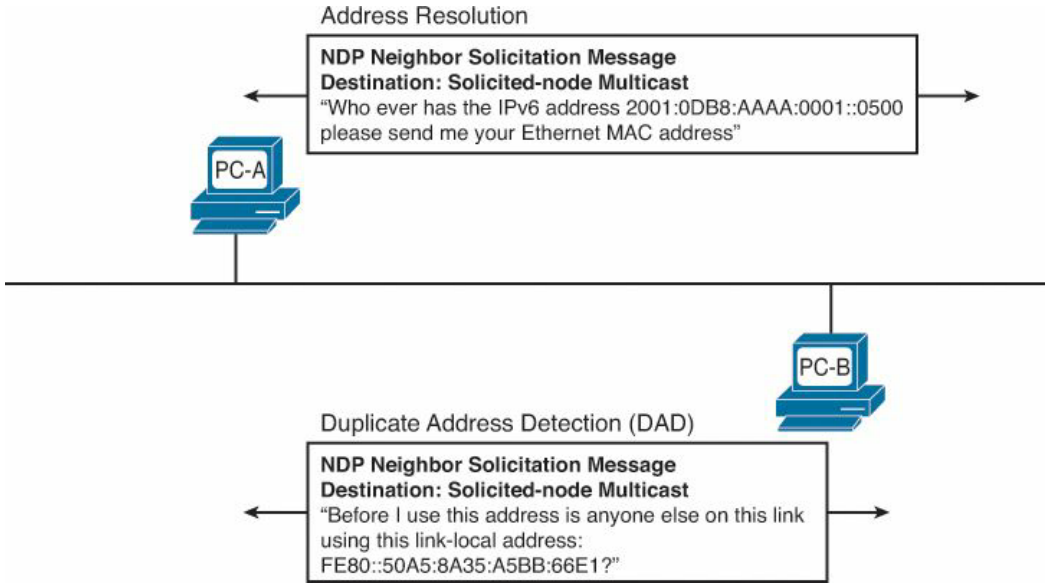
Algunas direcciones multicast globalmente asignadas

/8 Prefix FF	Flag 0	Scope (0–F)	Predefined Group ID	Compressed Format	Description
Interface-local Scope					
FF	0	1	0:0:0:0:0:0:1	FF01::1	All-nodes
FF	0	1	0:0:0:0:0:0:2	FF01::2	All-routers
Link-local Scope					
FF	0	2	0:0:0:0:0:0:1	FF02::1	All-nodes
FF	0	2	0:0:0:0:0:0:2	FF02::2	All-routers
FF	0	2	0:0:0:0:0:0:5	FF02::5	OSPF routers
FF	0	2	0:0:0:0:0:0:6	FF02::6	OSPF designated routers
FF	0	2	0:0:0:0:0:0:9	FF02::9	RIP routers
FF	0	2	0:0:0:0:0:0:A	FF02::A	EIGRP routers
FF	0	2	0:0:0:0:0:1:2	FF02::1:2	All DHCP agents
Site-local Scope					
FF	0	5	0:0:0:0:0:0:2	FF05::2	All-routers
FF	0	5	0:0:0:0:0:1:3	FF05::1:3	All DHCP servers

- Observar que se puede enviar un paquete con el mismo GROUP ID a todo el Site o a un link dependiendo del Scope (o rango) (FF02::2 – FF05::2)

Dirección de Multicast: “Solicited-Node”

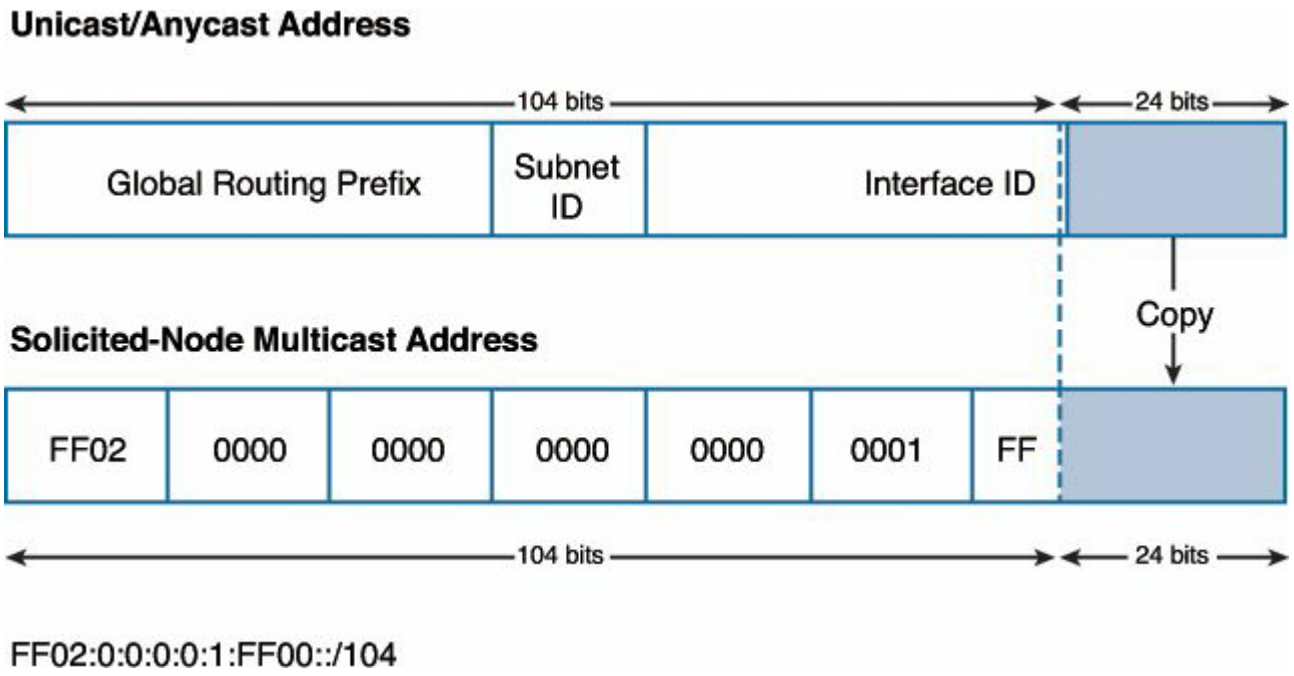
- Además de las direcciones unicast y multicast que se crean en un nodo/router, siempre se crea la dirección de **multicast Solicited-Node**:
  - **FF02:0:0:0:0:1:FF00::/104**
- Reemplaza al Broadcast de IPv4
- Estas direcciones pueden llegar a todos los dispositivos del link pero sin que todos procesen el paquete.
- Son usadas para dos mecanismos básicos de IPv6:
  - Resolución de Direcciones (reemplazo de ARP)
    - Permite obtener la MAC asociada a una IPv6
  - Duplication Address Detection (DAD)
    - Permite descubrir si la dirección IPv6 obtenida por SLAAC es única



Creación de Multicast Solicited-Node Address

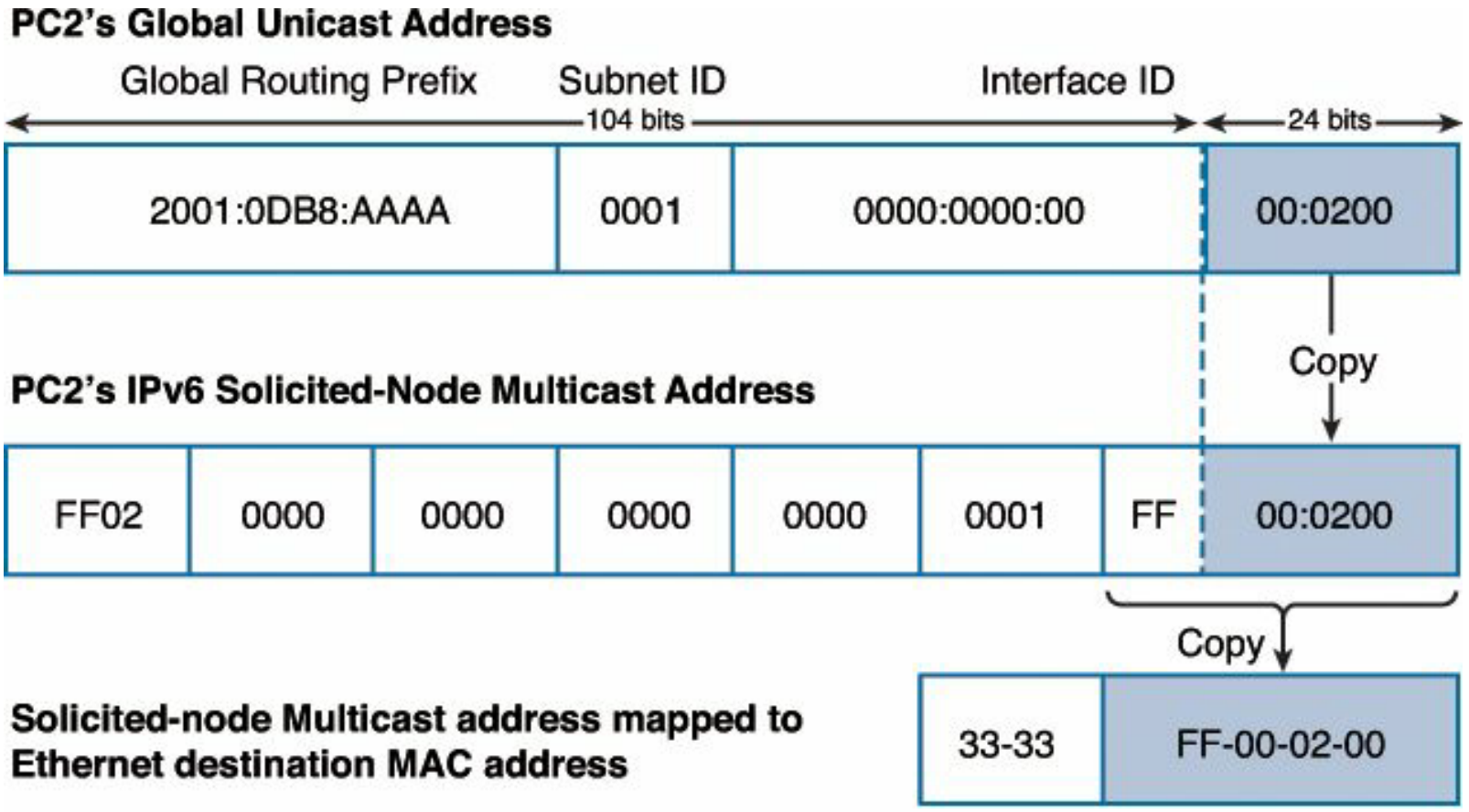
- Se crean en forma automática para **cada** dirección **unicast** de un dispositivo agregando los 24 bits menos significativos al prefijo multicast.
- Esta direcciones IPv6 multicast obviamente son traducidas a direcciones multicast de la capa de acceso (Ethernet).
  - Para traducciíon IPv6 IEEE reservó el prefijo de 16 bits: 33:33
  - Los 32 bits restantes son copiados desde la dirección IPv6 Multicast.
- Ejemplo: PC1 con dirección Global Unicast y Link-Local
  - **Global**: 2001:DB8:AAAA:1**::100**
    - Se crea automáticamente: Solicited Node: FF02::1:FF**00:100**
    - Se une al grupo multicast (Ethernet): 33:33:**FF:00:01:00**
  - **Link Local**: FE80::50A5:8A35:A5**BB:66E1** – Solicited Node: FF02::1:FF**BB:66E1**
    - Se crea automáticamente: Solicited Node: FF02::1:FF**BB:66E1**
    - Se une al grupo multicast (Ethernet): 33:33:**FF:BB:66:E1**

Multicast solicited node



- MAC Multicast traducida asociada a cualquier dirección IPv6 Multicast se forma utilizando el prefijo MAC: 33:33 y luego insertando los 32 últimos bits de la dirección IPv6 multicast.

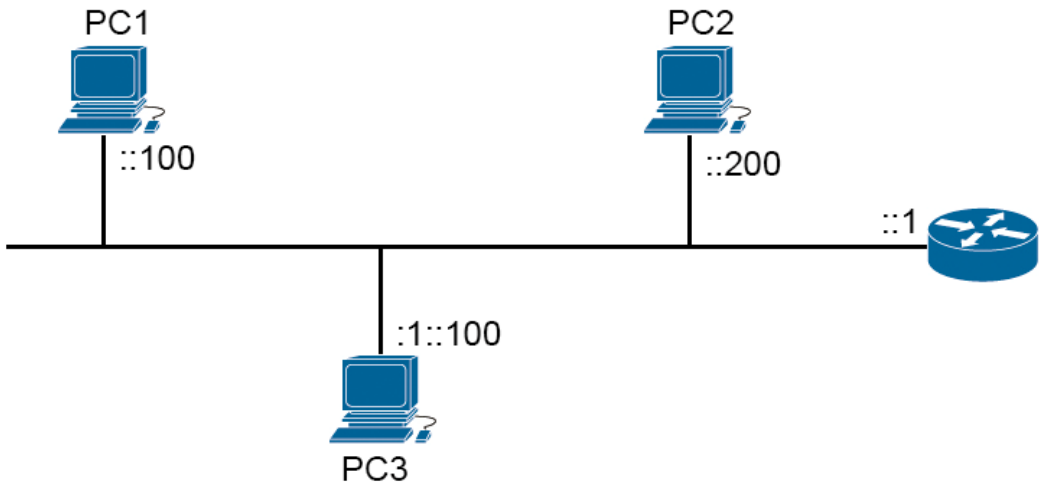
Solicited-Node Multicast Address: Ejemplo



PC2's IPv6 Solicited-node multicast address: FF02::1:FF00:200
PC2's mapped solicited-node Ethernet multicast address: 33-33-FF-00-02-00

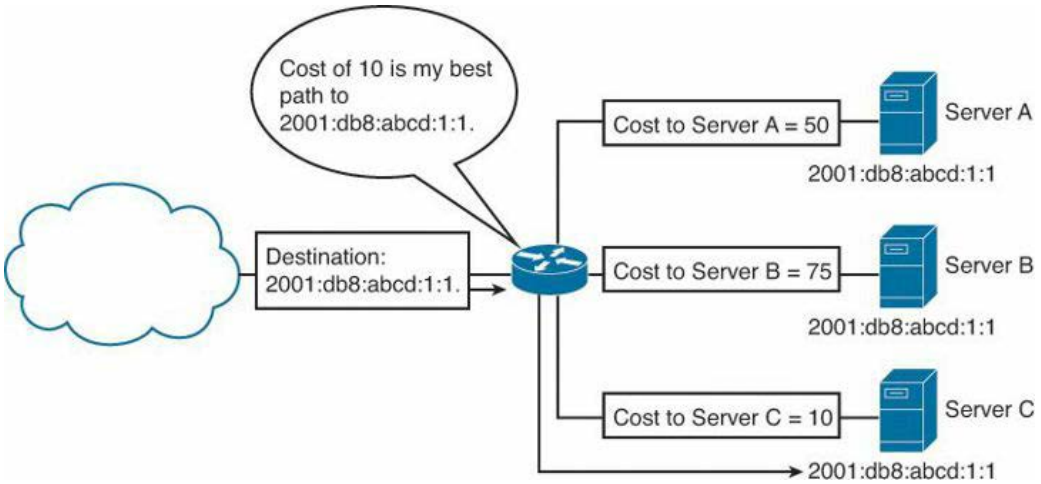
Multicast Solicited Node

- Ventaja sobre Broadcast: Pocos nodos capturan (y procesan) las direcciones Multicast Solicited Node.
- Ejemplo:
  - Prefijo de Subred: 2001:db8:aaaa:2::/64
  - Si la PC1 necesita traducir la dirección de la PC2, solamente PC2 procesa el paquete



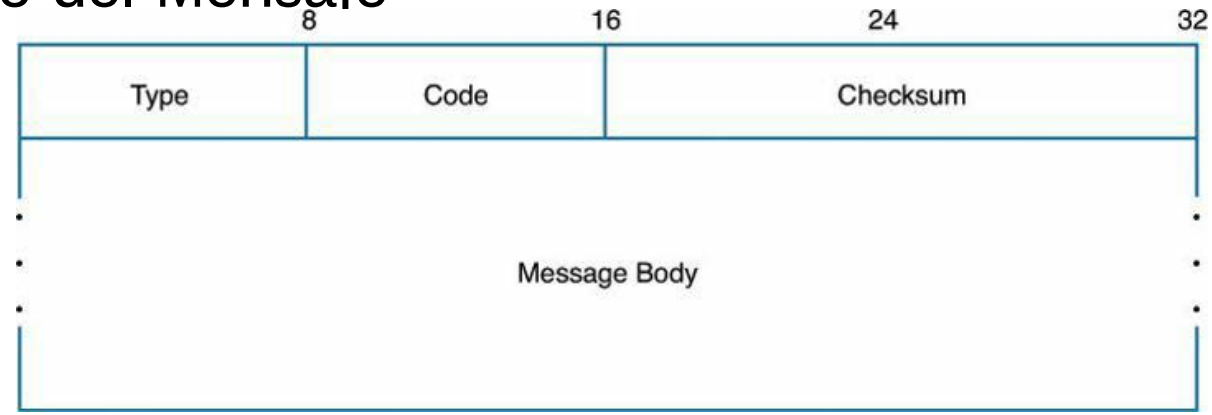
Direcciones Anycast

- Puede ser asignada a mas de una interfaz.
  - Generalmente corresponde a dispositivos diferentes: Varios dispositivos pueden tener la misma dirección anycast.
  - Un paquete enviado a una dirección anycast es routeado a la interfaz mas cercana que tiene esa dirección (de acuerdo a la tabla de ruteo de los routers).
  - No hay ningún prefijo especial usado para las direcciones anycast. Usan el mismo rango que las direcciones globales.
  - RFC 1546 – Anycast Addresses



ICMPv6 y Neighbor Discovery Protocol

- Descripto en RFC 4443
- ICMPv6 es mucho mas robusto que ICMPv4.
  - Contiene nuevas funcionalidades y mejoras.
  - Uso Obligatorio.
- Formato del Mensaje



  - Campo Type
    - Mensajes de Error: **0 a 127**
    - Mensajes Informativos: **128 a 255**

ICMPv6: Mensajes de Error

Type	Type Description	Code and Code Description
1	Destination Unreachable	0: No route to destination 1: Communication with destination administratively prohibited 2: Beyond scope of source address 3: Address unreachable 4: Port unreachable 5: Source address failed ingress/egress policy 6: Reject route to destination
2	Packet Too Big	0: Ignored by receiver
3	Time Exceeded	0: Hop limit exceeded in transit 1: Fragment reassembly time exceeded
4	Parameter Problem	0: Erroneous header field encountered 1: Unrecognized Next Header type encountered 2: Unrecognized IPv6 option encountered
101	Private Experimentation	—
107	Private Experimentation	—
127	Reserved for expansion of ICMPv6 error messages	—

ICMP: Algunos Mensajes Informativos

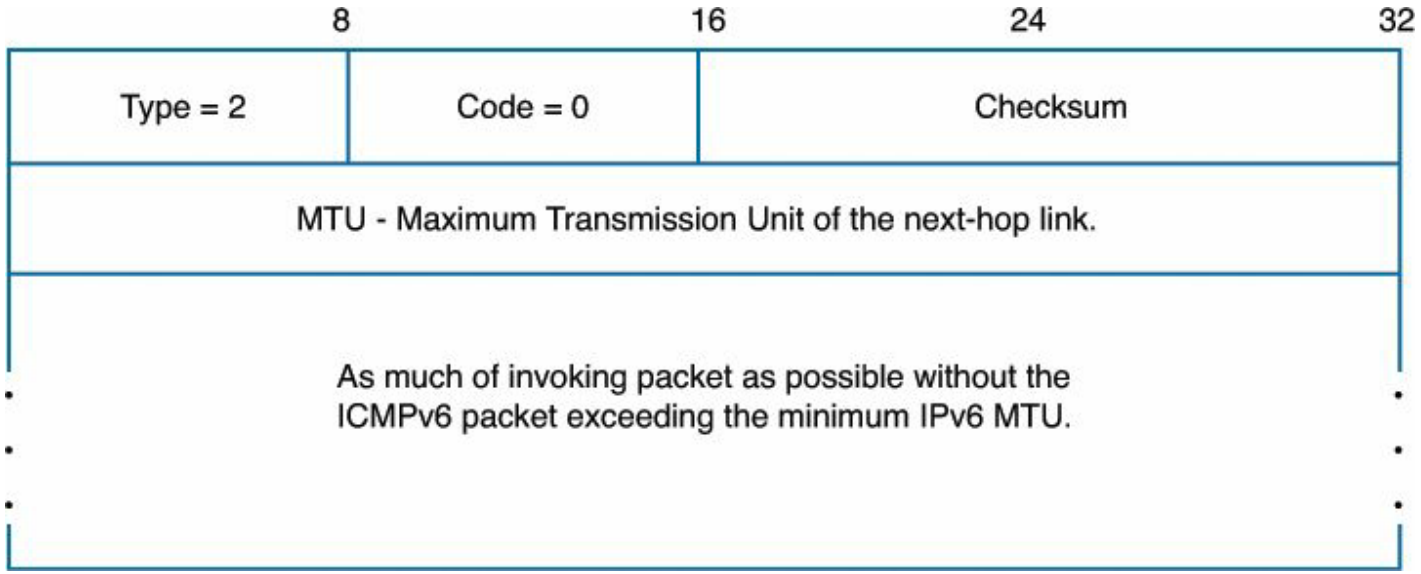
Type	Type Description	Code and Code Description
Used by the ping command (RFC 4443)		
128	Echo Request	0: Ignored by receiver
129	Echo Reply	0: Ignored by receiver
Used for Multicast Listener Discovery (RFC 2710)		
130	Multicast Listener Query	0: Ignored by receiver
131	Multicast Listener Report	0: Ignored by receiver
132	Multicast Listener Done	0: Ignored by receiver
Used by Neighbor Discovery (RFC 4861)		
133	Router Solicitation message	0: Ignored by receiver
134	Router Advertisement message	0: Ignored by receiver
135	Neighbor Solicitation message	0: Ignored by receiver
136	Neighbor Advertisement message	0: Ignored by receiver
137	Redirect message	0: Ignored by receiver

Ex IGMP IPv4 ⇨

NDP ⇨

Packet too big

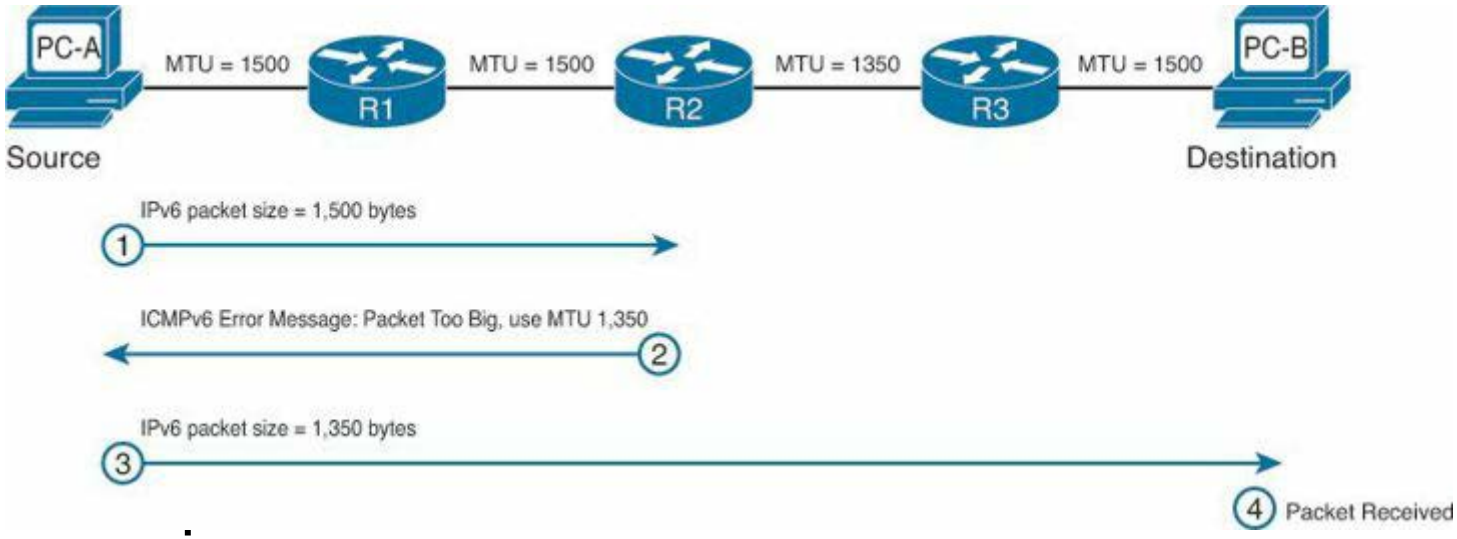
- Los routers en IPv6 no fragmentan.
- Cuando reciben un paquete mas grande que el MTU de la interfaz de salida, el router descarta el paquete y envía un mensaje ICMPv6 **Packet Too Big** al origen
- Este mensaje incluye el MTU del enlace (en Bytes).
- Se utiliza para MTU Path Discovery (RFC 1981)



MTU Path Discovery

- Definido en RFC 1981
- Permite al origen transmitir el paquete de mayor tamaño posible sin fragmentación y sin que un router descarte un paquete por MTU pequeño.
  - IPv6 requiere que todo link en la Internet tenga un minimo MTU de 1280 bytes (comparado con 68 bytes para IPv4).
- El tamaño de ese paquete se llama “Path MTU” (PMTU).

MTU Path Discovery



- Observaciones:
  - El mensaje de Error ICMP contiene encapsulado el valor del MTU del próximo link
  - Ya que el camino desde un origen puede cambiar, tambien puede cambiar el PMTU.
  - Los dispositivos **no** están obligados a implementar Path MTU, pero es recomendado por el RFC 4443.
  - Path MTU Discovery soporta destinos multicast o unicast.

Neighbor Discovery Protocol (ND ó NDP): RFC 4861

- Juega un rol importante en la configuración de direcciones IPv6
- Se usa para:
  - Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC)
    - Determinación automática del Prefijo de Red, Default Gateway y otras configuraciones.
  - Determinar si una dirección link-local o global unicast está en uso por otro dispositivo (DAD).
  - Determinar la dirección de hardware (MAC) de un dispositivo a partir de la dirección IPv6 (equivalente a ARP)
  - Saber que vecinos son alcanzables (NUD).
  - Buscar camino alternativo al caerse un router o un camino al mismo.

Mensajes ICMPv6 para NDP

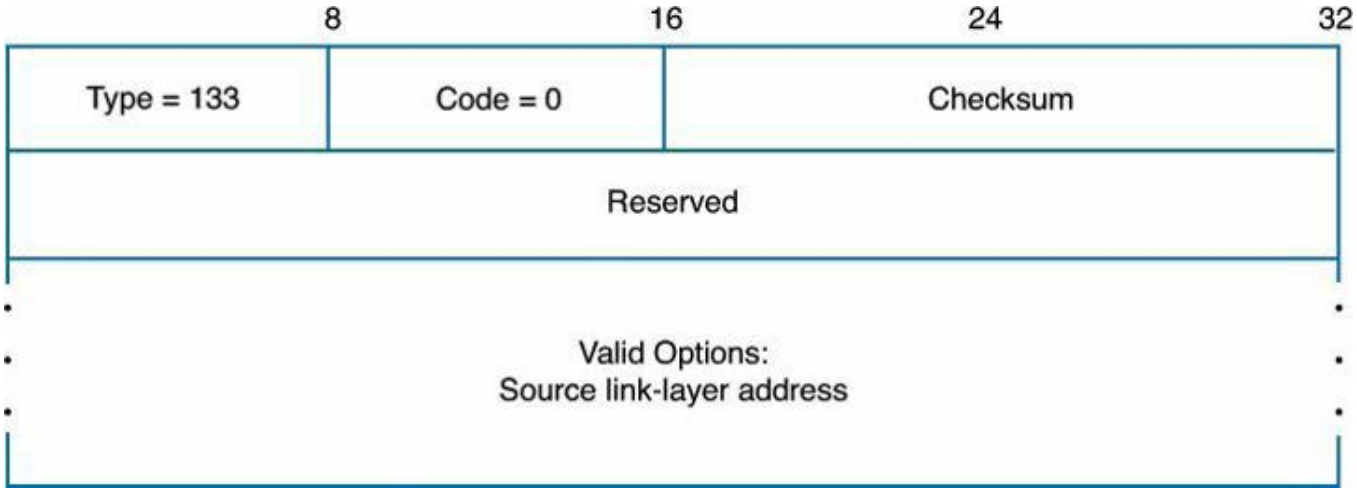
- Para NDP se usan 5 mensajes ICMPv6
  - Mensaje de Router Solicitation
  - Mensaje de Router Advertisement
  - Mensaje de Neighbor Solicitation
  - Mensaje de Neighbor Advertisement
  - Mensaje de Redirect
- Se verán estos mensajes y su uso con NDP.

Mensajes de Router Solicitation (RS) y Router Advertisement (RA)

- Los Routers envían periódicamente mensajes de “Router Advertisement” o responden a un mensaje de “Router Solicitation” desde un host
- Hosts envían un mensaje de “Router Solicitation” para solicitar una respuesta **“inmediata”** del router y que envíe el mensaje de “Router Advertisement”.
- Un host envía un mensaje Router Solicitation (RS) cuando necesita un prefijo, long. de prefijo, default gateway y otra información para SLAAC
  - Típicamente cuando se enciende una computadora y se configuró la opcion de obtener IP en forma automática.
  - El host obtiene prefijo y longitud del mensaje Router Advertisement (RA)
  - La interfaz ID la genera el Host (EUI-64 Modified o Random).

Mensaje RS

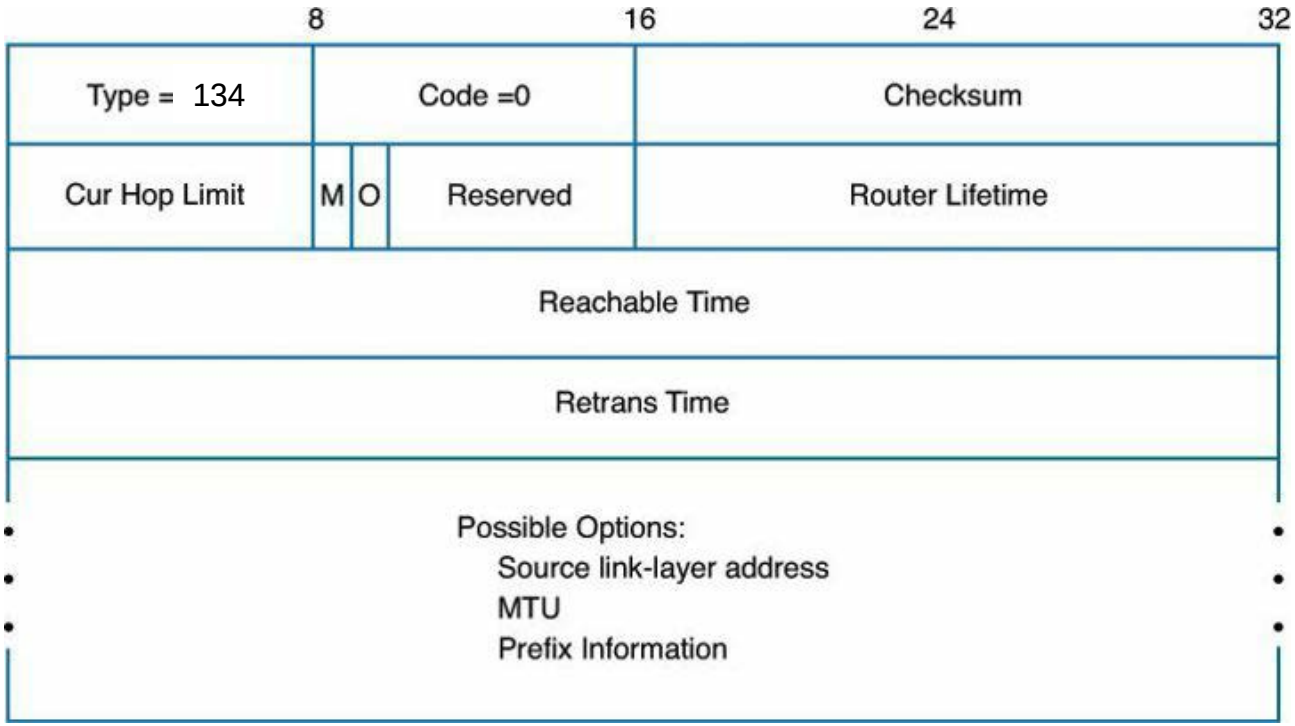
- Formato



- Campos destacados en Header IPv6:
  - Dirección origen:
    - La previamente asignada o **no especificada** (si no tiene asignada dirección).
  - Dirección destino:
    - Típicamente “All Router Multicast Address”: **FF02::2**
- Campo destacado de ICMPv6
  - **Source** link-layer add: Dirección de Capa 2 (MAC Address) del que envía el mensaje ICMP

Mensaje RA

- Formato:



- Campos destacados en **Header IPv6**:
  - Dirección origen: **Link Local** asignada a la interface del router.
  - Dirección destino: All nodes multicast address (**FF02::1**)

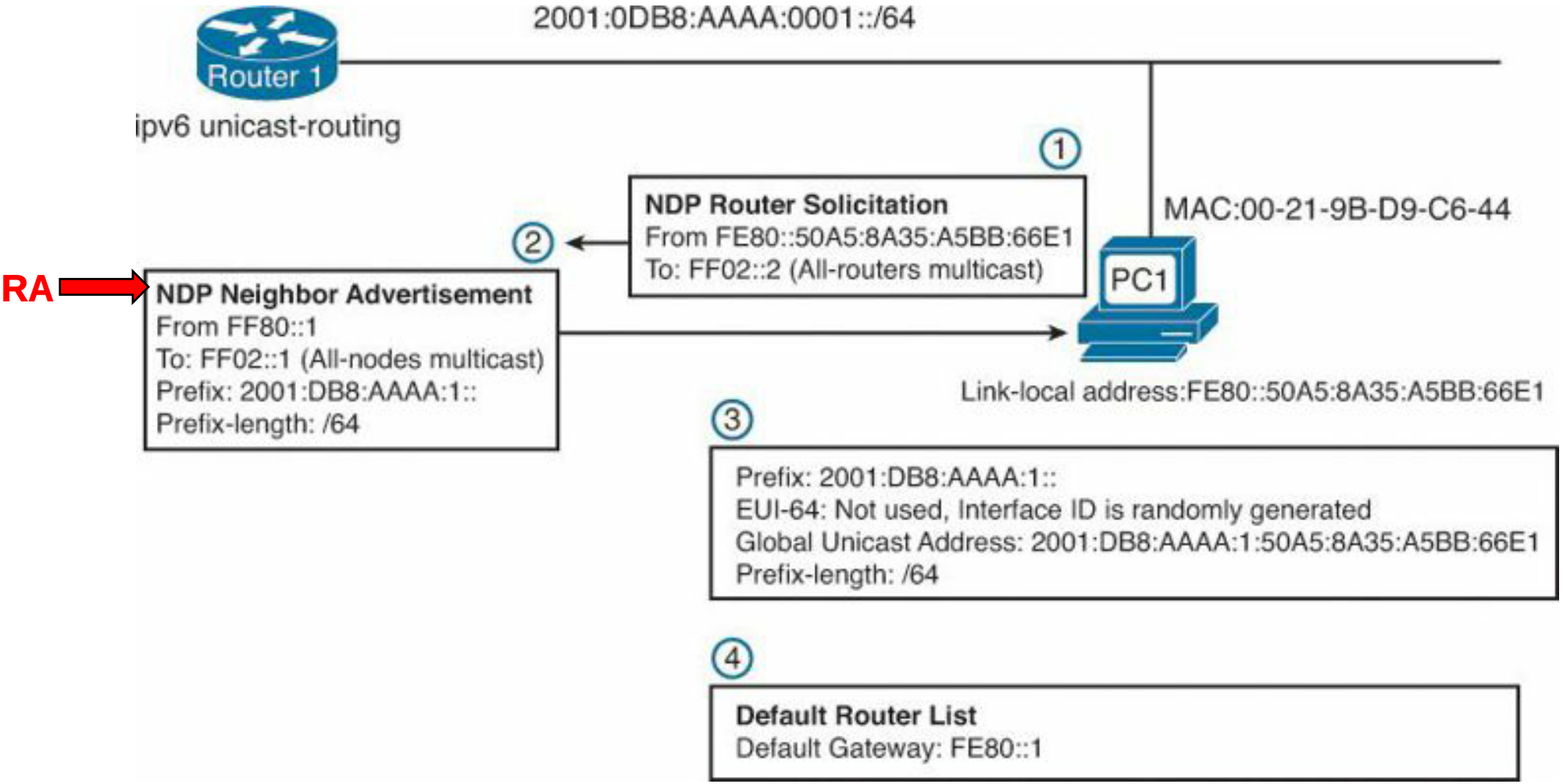
Mensaje RA

- Campos destacados de ICMPv6
  - Cur Hop Limit: Valor “recomendado” para TTL de los datagramas IP que enviará el host.
  - M Flag (Managed Add Configuration)
    - M = 0: Host usan SLAAC
    - M = 1: Host usan DHCPv6 (stateful)
  - O Flag (Other Configuration)
    - O = 0: No hay información adicional del servidor DHCPv6
    - O = 1: Deben usar DHCPv6 para parámetros que no incluyen a la dirección (como por ejemplo DNS servers)
  - Variaciones de M y O:
    - M=O=0 -> Stateless y usan otros métodos (manual) para opciones
    - M=O=1 -> Statefull (se usa DHCPv6)
    - M=0; O=1 -> Dirección obtenida desde el router (via SLAAC); opciones desde DHCPv6. Conocida como **DHPCv6 stateless**
    - M=1; O=0 -> DHCPv6 se usa para direcciones pero no para opciones. Poco usada

Mensaje RA

- Router Lifetime: Tiempo en **seg** que debe usarse este router como Default Gateway. **0** significa que no es el default router.
- Reachable Time: Tiempo en **mseg** en que un host puede asumir que un vecino es alcanzable después de recibir la confirmación. Se utiliza en NUD (Neighbor Unreachability Detection). **0** significa que el router no especifica un valor.
- Retrans Timer: Notifica al host intervalo de tiempo en **mseg** de retransmisión de mensajes **Neighbor Solicitation**. Se usa para resolución de direcciones y NUD
- Opciones:
  - Source Link Layer Address: MAC del router
  - MTU: Informa al host del MTU (usado para maximizar el MTU)
  - Prefix Info: Informa al host el prefijo y la longitud del prefijo de la red.
    - Incluye el **Preferred** y **Valid Lifetime** (usado por SLAAC para tiempo de vida de la dirección).

Ejemplo de uso RS y RA



Observaciones

- En el RS enviado por PC1:
  - La dirección origen que se usa es la Link-Local (obtenida en forma automática al levantar IPv6)
  - La Dirección Destino es all-routers multicast address FF02::2
- En el RA enviado por R1:
  - Dirección Origen IPv6 es la Link Local (R1).
    - Esa dirección luego será usada como Default Gateway de PC1
  - Dirección Destino All-Nodes Multicast Group
    - Pese que RA es respuesta al RS recibido de PC1 lo mismo envia el mensaje a todos los nodos.
  - Los parámetros que envía el router y sus opciones dependen de la configuración del router en si.
  - Proxima transparencia muestra un ejemplo de un Mensaje ICMPv6 enviado por un router.

Ejemplo de Mensaje RA

```
Internet Control Message Protocol v6
    Type: 134 (Router advertisement)
    Code: 0
    Checksum: 0x04d2 [correct]
    Cur hop limit: 64          ! Hop Limit recomendado para hosts
    Flags: 0x00                ! M y O flags indican que no hay
                               ! información disponible via DHCPv6
    Router lifetime: 1800      ! Este router es un gateway válido por los
                               ! Próximos 1800 sec (30 min)
    Reachable time: 0          ! No se especifica ningún valor
    Retrans timer: 0           ! No se especifica ningún valor
```

Ejemplo de Mensaje RA (Opciones)

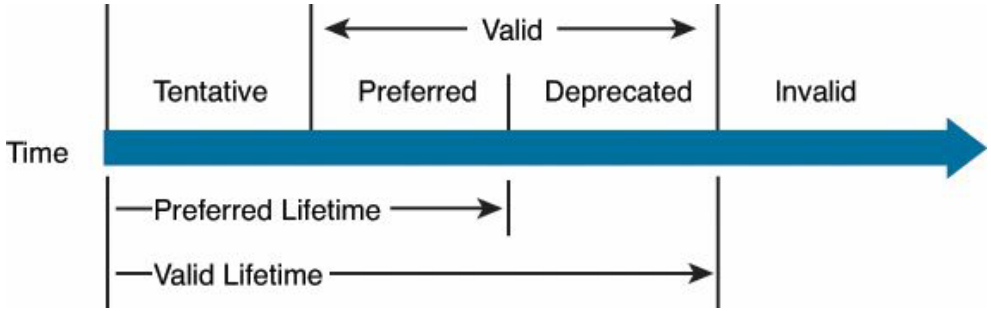
```
ICMPv6 Option (Source link-layer address)
     Type: Source link-layer address (1)
     Length: 8
     Link-layer address: 00:03:6b:e9:d4:80  ! MAC add de R1
ICMPv6 Option (MTU)
     Type: MTU (5)
     Length: 8
     MTU: 1500           ! MTU del enlace
ICMPv6 Option (Prefix information)
     Type: Prefix information (3)
     Length: 32
     Prefix Length: 64   ! Long. del prefijo (/64) a ser usado en
                         ! La autoconfiguración
     Flags: 0xc0
     Valid lifetime: 2592000       !Tiempo de Vida de Validez (seg)
     Preferred lifetime: 604800    !Tiempo de Vida Preferido (seg)
     Reserved
     Prefix: 2001:db8:aaaa:1::   ! Prefijo de la red para ser usado
                                 ! por autoconfiguración
```

Valid Lifetime & Preferred Lifetime

- Usados por SLAAC.
- Preferred Lifetime: tiempo en que una dirección autoconfigurada permanece en el estado preferred. En ese estado puede ser usada sin restricciones.
- Expirado el Preferred Lifetime, la dirección puede seguir siendo utilizada hasta expirado el Valid Lifetime pero no puede crear nuevas conexiones.
- Un valor de 0xFFFFFFFF indica que el tiempo de vida es infinito.

Estado de Direcciones Autoconfiguradas

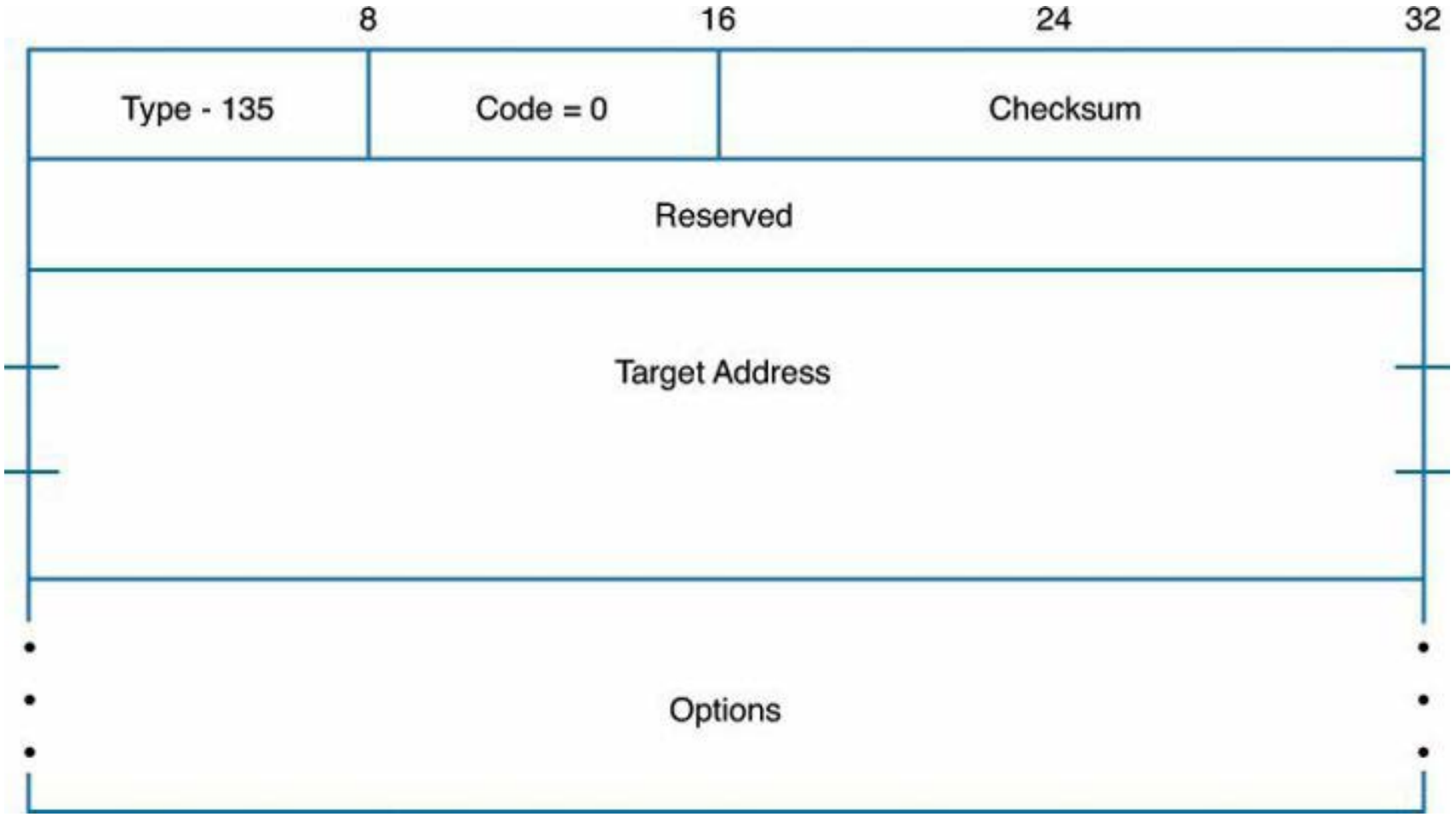
- Tentative: Siendo verificada como única por DAD
- Valid: Dirección válida pudiendo enviar y recibir paquetes unicast
- Preferred: Dirección totalmente válida para envío/recepción paquetes unicast (se pueden crear crear conexiones nuevas).
- Deprecated: **No** se recomienda el uso de la dirección para comunicaciones nuevas.
- Invalid: Dirección no puede ser usada.



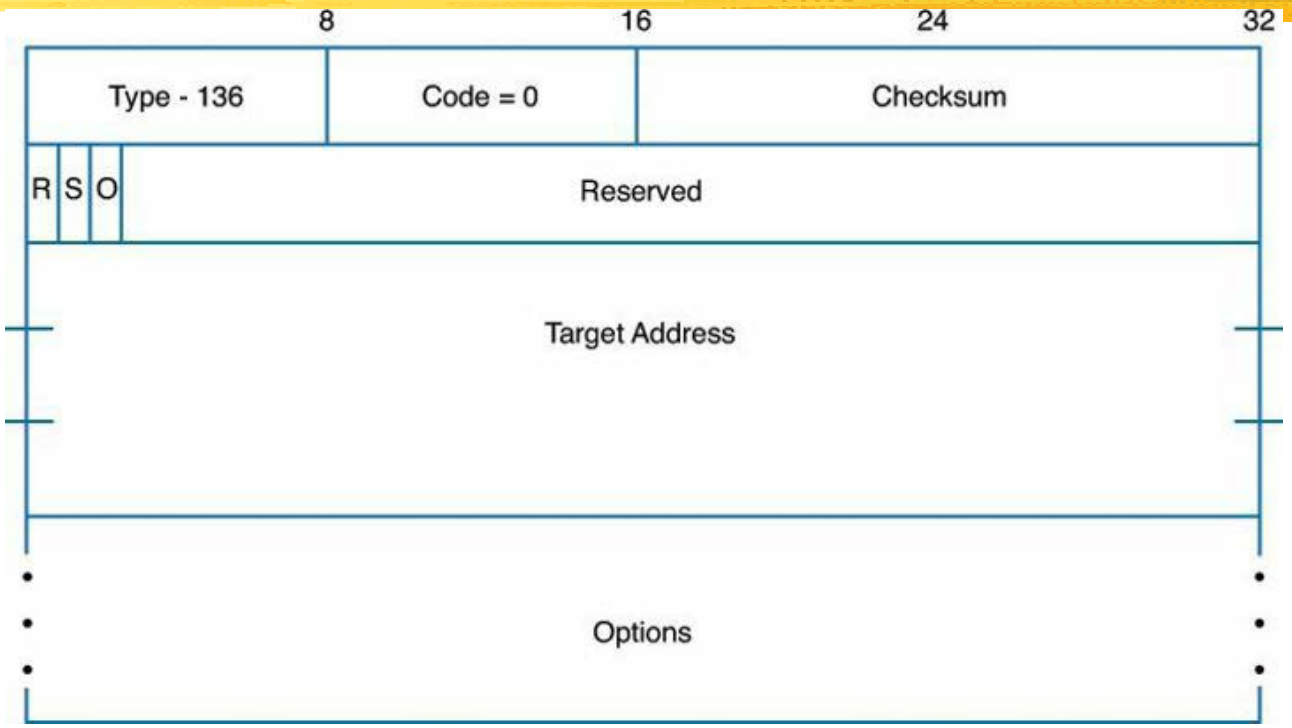
Mensajes Neighbor Solicitation y Neighbor Advertisement

- Utilizados para solicitar dirección de Hardware (o entregar dicha dirección)
- Similares a ARP Request y Reply
- Empleados en 3 procesos:
  1. Resolución de Direcciones
  2. DAD
  3. NUD (Neighbor Unreachability Detection)

Mensaje Neighbor Solicitation



Mensaje Neighbor Advertisement



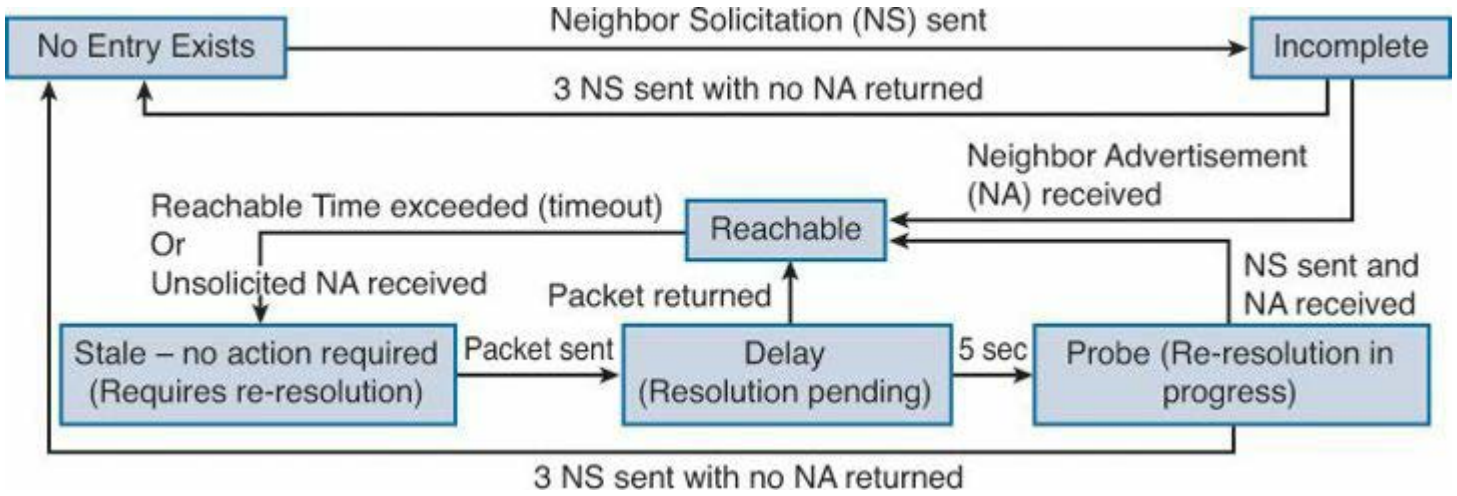
- R (Router Flag): R=1 significa que es un router el que envía el mensaje. Usado por **NUD**.
- S (Solicited Flag): S=1 significa que este mensaje de Advertisement es en respuesta a uno de Solicitation. Usado por **NUD**.
- O: (Override Flag): con O=1 el Neighbor Adv. debería sobrescribir el Neighbor Cache (equivalente al ARP Cache). Si O=0 se crea una entrada nueva solamente

Cache Vecino y Destino

- RFC 4861 describe Estructuras de Datos que debe mantener un nodo para el uso de NDP.
- Entre ellas:
  - Cache vecino (Neighbor cache)
    - Equivalente al cache ARP en IPv4.
    - Construido con recepción de NA (y NS en cierta medida)
  - Cache destino (Destination cache)
    - Contiene una entrada por cada paquete enviado sea este local o remoto.
    - La diferencia con el cache vecino es que solo contiene entradas de nodos directamente alcanzables (vecinos).
    - El cache vecino es actualizado por mensajes de redirección (no por NA).

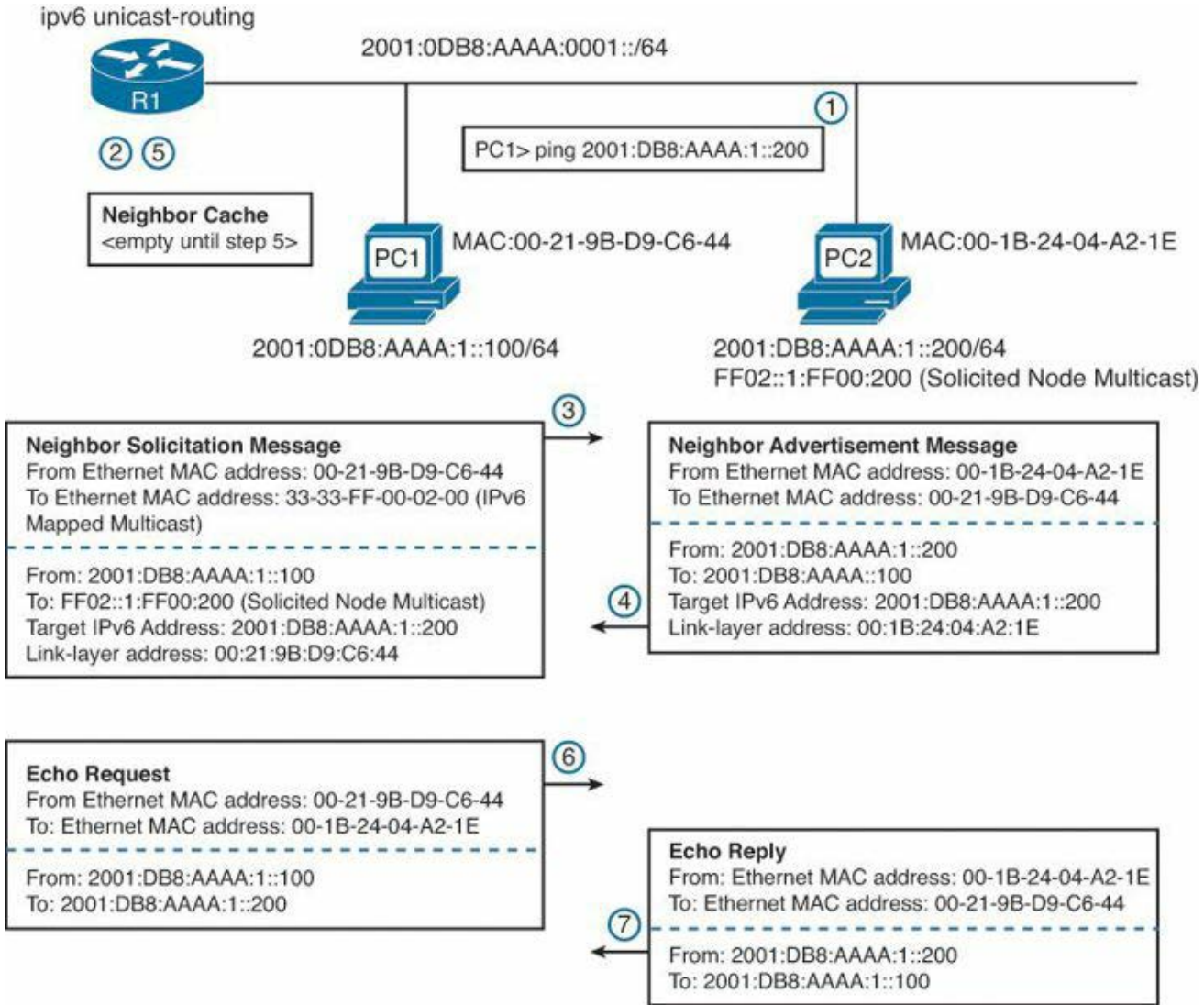
Cache de Vecinos (Neighbor Cache) y Cache Destino

- El host mantiene dos caches por interface:
  - Neighbor Cache – Equivalente a ARP Cache
  - Destination Cache – Lista de destinos recientes (subconjunto del neighbor cache)
- Neighbor cache
  - Una entrada en el cache puede estar en uno de 5 estados:
    - Incompleta (“Incomplete”)
    - Alcanzable (“Reachable”)
    - Caduca (“Stale”)
    - Demorado (“Delay”)
    - Prueba (“Probe”)



Resolución de Direcciones

- Ejemplo:



Mensaje Neighbor Solicitation

MAC LAYER

```
! MAC Add Multicast Mapeada para PC2
Ethernet II, Src: 00:21:9b:d9:c6:44, Dst: 33:33:ff:00:02:00

Internet Protocol Version 6
    0110 .... = Version: 6
    .... 0000 0000 .... .... .... .... .... = Traffic class: 0x00000000
    .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
    Payload length: 32
    Next header: ICMPv6 (0x3a)     ! Next header es ICMPv6
    Hop limit: 255
    Source: 2001:db8:aaaa:1::100   ! Global unicast add
    Destination: ff02::1:ff00:200  ! Solicited-node multicast add

Internet Control Message Protocol v6
    Type: 135 (Neighbor solicitation) ! Mensaje Neighbor solicitation
    Code: 0
    Checksum: 0xbbab [correct]
    Reserved: 0 (debería ser siempre cero)
    Target: 2001:db8:aaaa:1::200  ! Add IPv6 solicitada,
                                  ! Se necesita MAC Add correspondiente
    ICMPv6 Option (Dirección link-layer origen)
        Type: Source link-layer address (1)
        Length: 8
        Link-layer address: 00:21:9b:d9:c6:44  ! MAC address origen
```

Mensaje Neighbor Advertisement

MAC LAYER

```
! Unicast MAC address of PC2
Ethernet II, Src: 00:1b:24:04:a2:1e, Dst: 00:21:9b:d9:c6:44
```

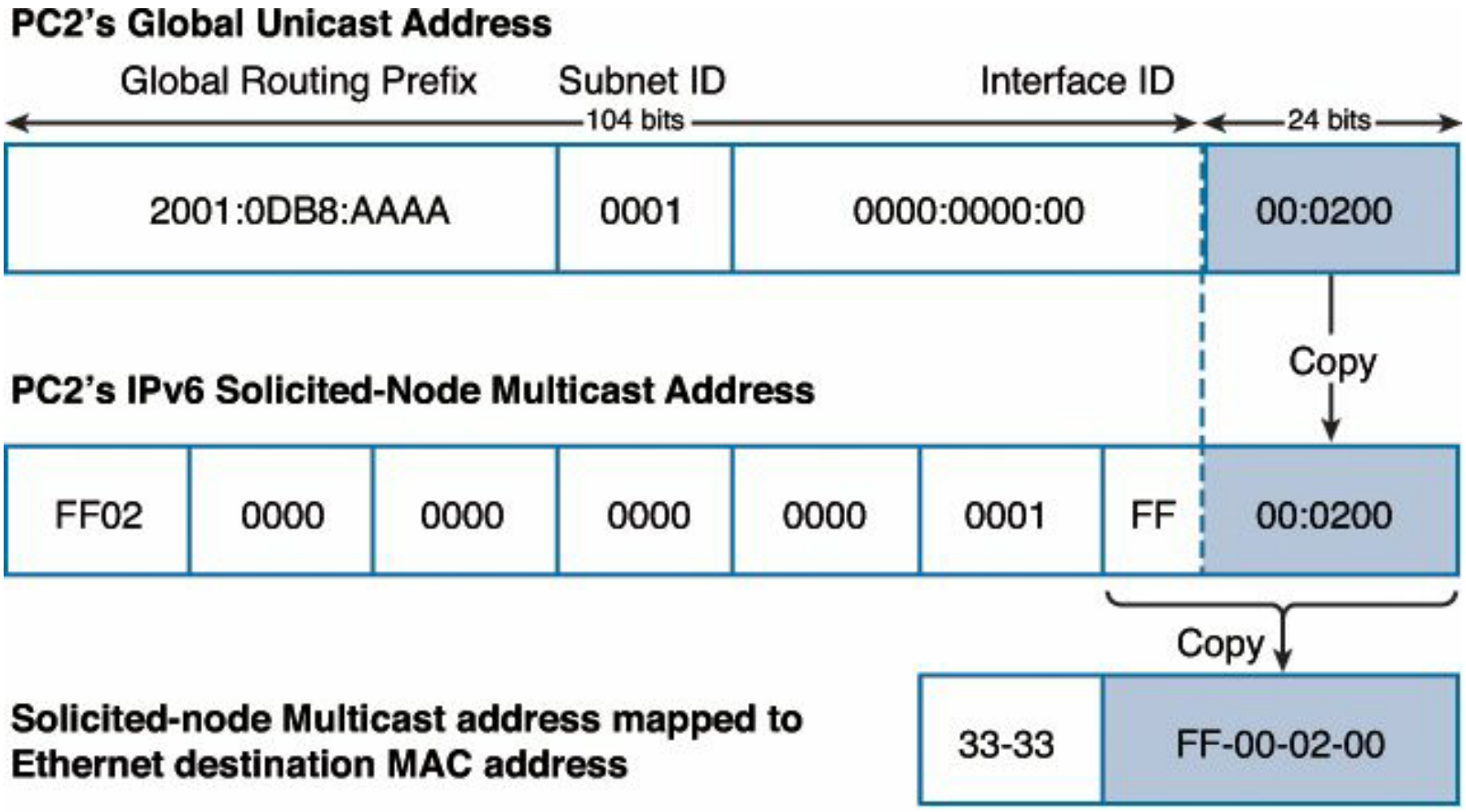
Internet Protocol Version 6

```
    . . .
    Next header: ICMPv6 (0x3a)    ! Next header es ICMPv6
    Hop limit: 255
    Source: 2001:db8:aaaa:1::200       ! Global unicast add
    Destination: 2001:db8:aaaa:1::100  ! Global unicast add
```

Internet Control Message Protocol v6

```
    Type: 136 (Neighbor advertisement) ! Mensaje Neighbor Adv
                                       !
    Code: 0
    Checksum: 0x1b4d [correct]
    Flags: 0x40000000  ! (010) Router Flag = 0,
                       ! Solicitation Flag = 1, Override Flag = 0
    Target: 2001:db8:aaaa:1::200  ! IPv6 add del transmisor(PC2)
    ICMPv6 Option (Link-layer add)
        Type: Target link-layer address (2)
        Length: 8
        Link-layer address: 00:1b:24:04:a2:1e ! MAC add de PC2
```

Solicited-Node Multicast Address (PC2) (recordatorio)

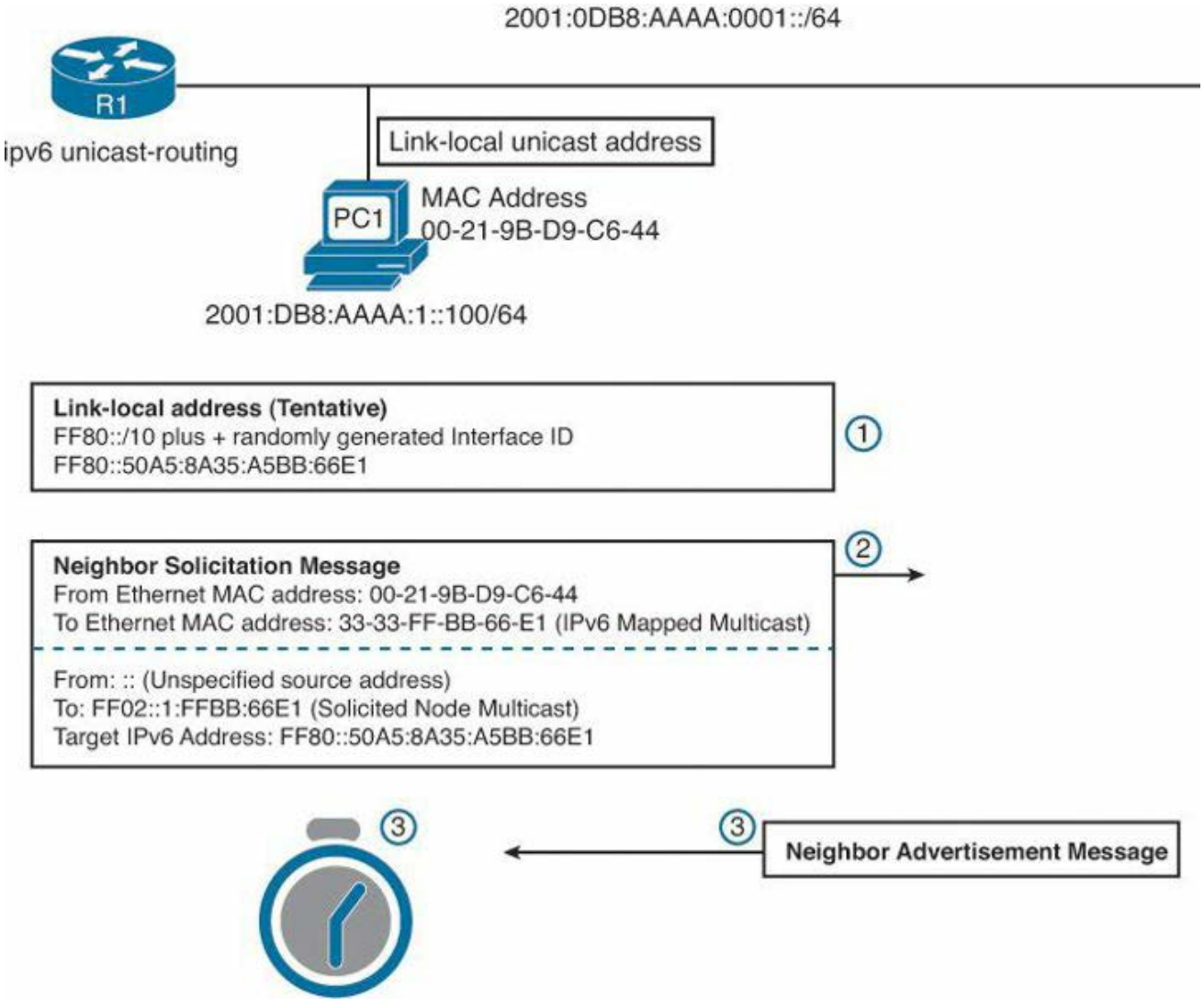


PC2's IPv6 Solicited-node multicast address: FF02::1:FF00:200
PC2's mapped solicited-node Ethernet multicast address: 33-33-FF-00-02-00

Duplicate Address Detection (DAD)

- Detecta duplicidad de direcciones (antes de confirmar su uso)
- Recomendado usar en todo tipo de Unicast Add (Link-Local o Global) independientemente de si es asignada por SLAAC, DHCPv6 o Manualmente.
- Si se detecta Dirección Duplicada **no** puede ser usada
- DAD usa mensajes de Neighbor Solicitation y Advertisement

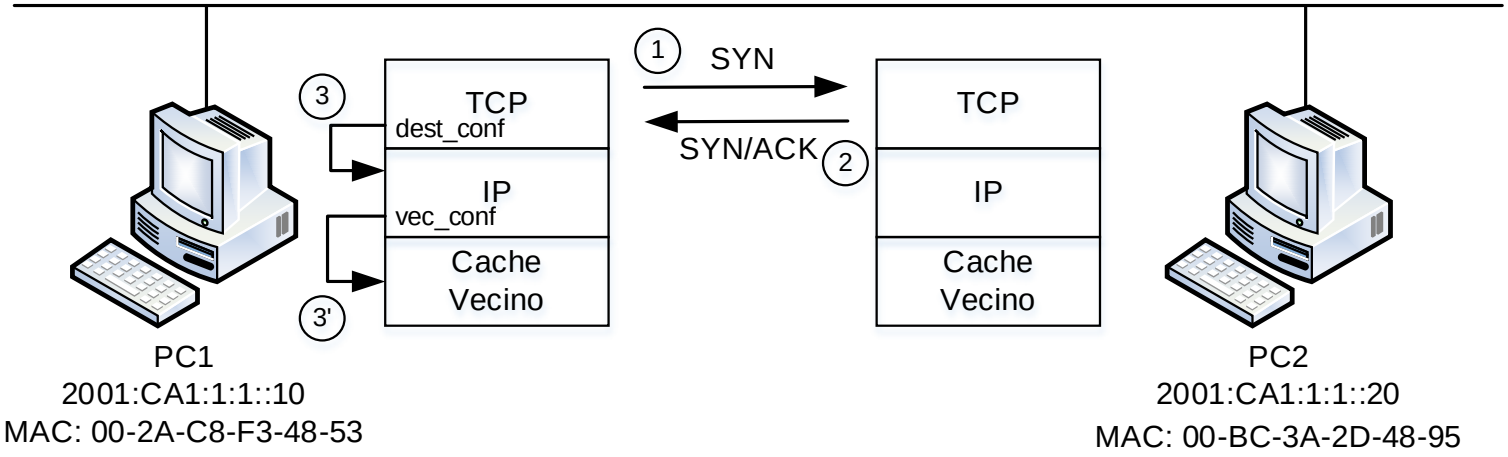
Proceso DAD


2001:0DB8:AAAA:0001::/64
R1
ipv6 unicast-routing
Link-local unicast address
PC1
MAC Address
00-21-9B-D9-C6-44
2001:DB8:AAAA:1::100/64
Link-local address (Tentative)
FF80::/10 plus + randomly generated Interface ID
FF80::50A5:8A35:A5BB:66E1
1
Neighbor Solicitation Message
From Ethernet MAC address: 00-21-9B-D9-C6-44
To Ethernet MAC address: 33-33-FF-BB-66-E1 (IPv6 Mapped Multicast)
From: :: (Unspecified source address)
To: FF02::1:FFBB:66E1 (Solicited Node Multicast)
Target IPv6 Address: FF80::50A5:8A35:A5BB:66E1
2
3
3
Neighbor Advertisement Message

Network Unreachability Detection (NUD)

- Definido en RFC 4861
- Dispositivos continuamente chequean si los dispositivos directamente conectados son alcanzables (están activos o no)
- Válido para nodos/routers del enlace local.
- Si son alcanzables se desprende de:
  - Se recibe un mensaje de NA en respuesta a un mensaje de NS.
    - Proceso NUD Explicito (no se cubre en el curso)
  - Se reciben mensajes de protocolos de nivel superior (por ejemplo ACK de TCP)
    - Proceso NUD Implícito
    - (Ver ejemplo con TCP)

Ejemplo de NUD (transparente)



CACHE VECINO PC1

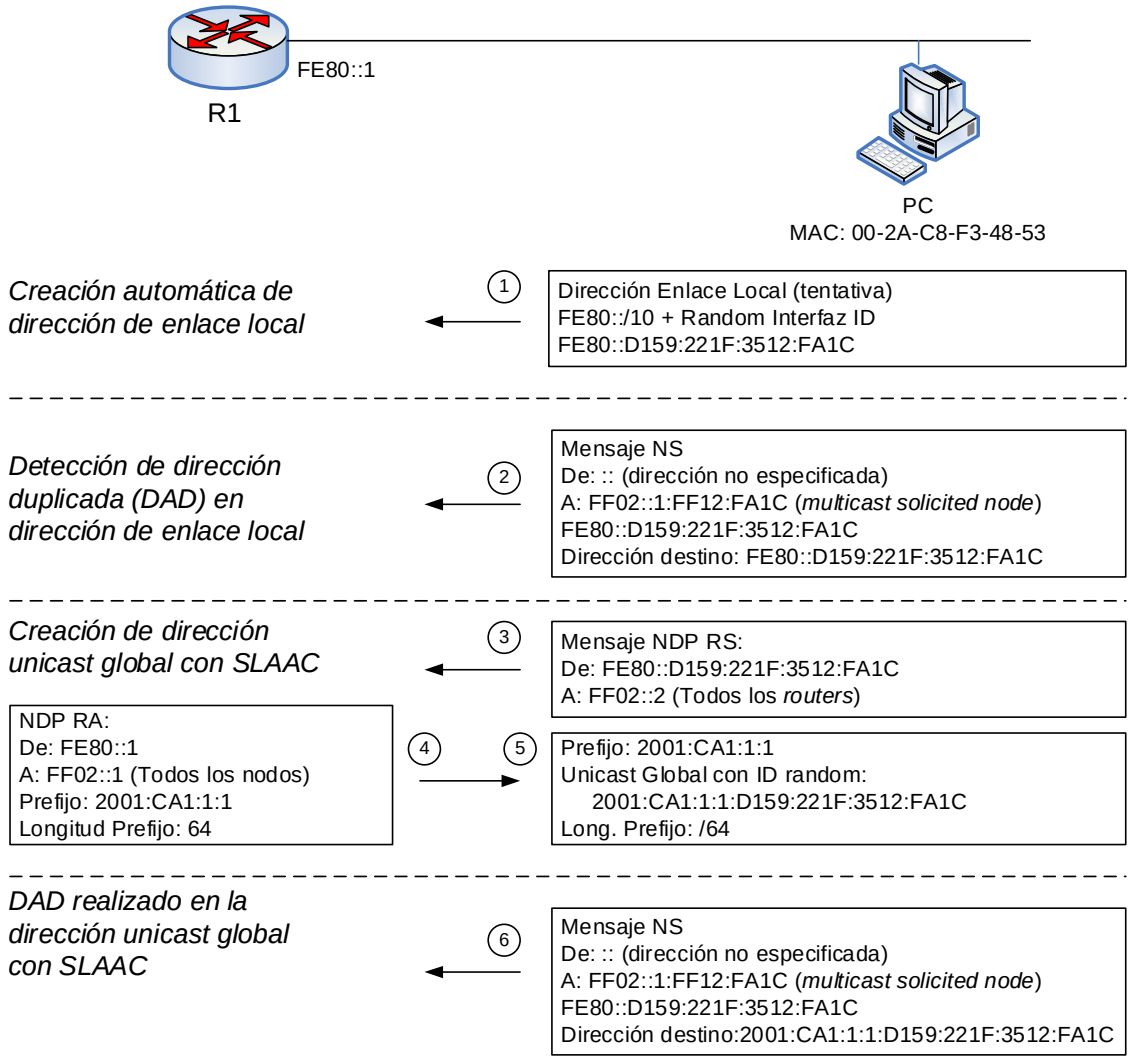
2001:CA1:1::20	00-BC-3A-2D-48-95	STALE (Caduco)
2001:CA1:1::20	00-BC-3A-2D-48-95	DELAY (Demorado)
2001:CA1:1::20	00-BC-3A-2D-48-95	REACHABLE (Alcanzable)

1

3

SLAAC (revisitado)

1. Creación de dirección Link-Local
2. DAD para link local
3. RS para obtener información del router para configuración de dirección unicast.
4. RA con Prefijo, Long. de Prefijo y opciones.
5. Concatenación del prefijo con InterfazID generado por el Nodo (EUI o Random)
6. DAD para dirección global unicast.



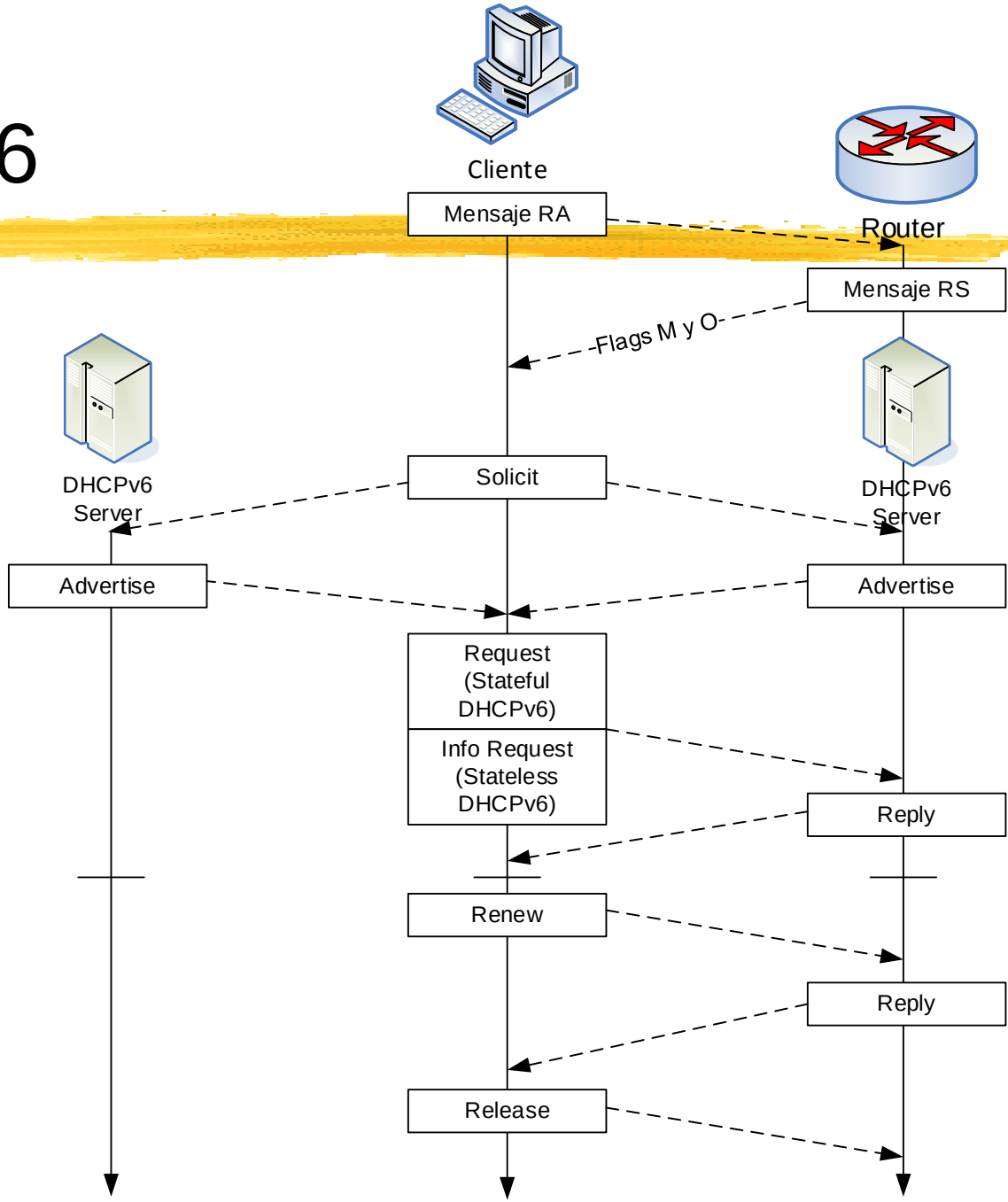
DHCPv6 vs. SLAAC

- Parecido a DHCPv4.
- Funciona sobre UDP utilizando los puertos 546 (cliente) y 547 (servidor)
- Dos RFC's:
  - RFC 3315 (2003): DHCPv6 STATEFUL
  - RFC 3736 (2004): DHCPv6 STATELESS

M	O	Tipo de Dirección	Opciones
0	0	SLAAC	Manual
0	1	SLAAC	DHCPv6 (Stateless)
1	0	DHCPv6	Sin opciones (poco uso)
1	1	DHCPv6	DHCPv6 (Stateful)

Proceso DHCPv6

- DHCPv6 Stateful (M=1 - O=1)
  - Envía mensaje Solicit a FF02::1:2 (“all DHCP Agent”)
  - Servidores envían mensaje Advertise.
  - Cliente envía mensaje Request al servidor que le envió el advertise
  - Servidor envía Reply con opciones y confirmando dirección.
- Si DHCP Stateless (M=0 - O=1)
  - Envía mensaje Information_Request
  - Servidor envía Reply conteniendo opciones.
- El servidor contesta con un Reply enviado y confirmando la dirección

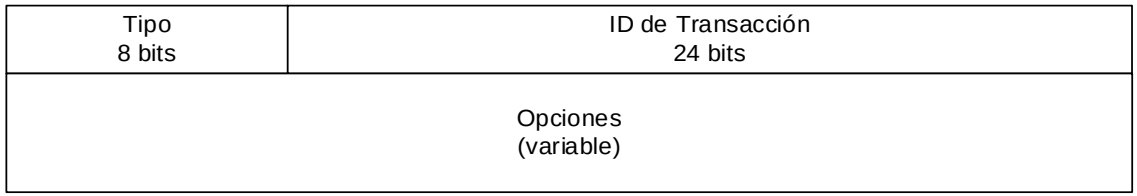


DHCPv6 vs. SLAAC

- DHCPv6 creado muchos años después de SLAAC (1998) con primeras implementaciones robustas en 2007.
  - Aún existe controversia si usar o no usar DHCPv6 en una red IPv6.
- Ventajas de DHCPv6:
  - Control y administración de direcciones otorgadas (stateful).
  - Se pueden establecer opciones a las direcciones.
  - Proceso de renovación establecido y predeterminado.
- Desventajas de DHCPv6:
  - No se puede otorgar router por defecto como opción (se configura a través del mensaje RA)
- Ventajas de SLAAC
  - Incluido genéricamente en IPv6. No necesita servidores externos para su funcionamiento.
  - Se autoconfigura la lista de routers por defecto
- Desventajas de SLAAC
  - No es posible configurar opciones, las que deben ser configuradas manualmente o con DHCPv6 (Stateless)

Diferencias entre DHCPv4 y DHCPv6

- Estándares e implementaciones independientes.
  - DHCPv4 evolución de BootP basado en broadcast.
  - DHCPv6 nuevo. Protocolo basado en Multicast
  - Servicios independientes en Sistemas Operativos.
- Formato del mensaje diferente
  - DHCPv6 mensaje simple, compuesto de 3 campos.



  - Usado por cliente/servidor
  - Se introdujeron mensajes nuevos para hacer mas ordenado el funcionamiento del protocolo.
  - Ejemplo:
    - *Renew*: renovación de dirección con el servidor que originalmente la otorgó.
    - *Rebind*: renovación de dirección con cualquier servidor.

DHCPv4 vs DHCPv6: Mensajes

DHCPv4	DHCPv6	Observaciones
DHCPDiscover	Solicit	
DHCPOffer	Advertise	
DHCPRequest	Request, Renew, Rebind	Nuevos mensajes para renovación con el mismo servidor (*renew*) o con cualquiera (*rebind*)
-	Confirm	Utilizado por cliente para saber si la dirección obtenida es válida en el enlace.
DHCPAck	Reply	Similar a ACK pero para múltiples tipos de mensajes DHCP (solicit, request, renew, etc.)
DHCPRelease	Release	
DHCPDecline	Decline	
DHCPForceRenew	Reconfigure	Cambios en el servidor. Cliente debe reconfigurar.
DHCPInform	Information-Request	Solicita parámetros al servidor (no dirección IP). Define a Stateless DHCPv6.
-	Relay-Forw	Forward desde un Relay Agent a un servidor o a otro relay agent.
-	Relay-Rep	Respuesta al Relay-forward

DHCPv6: Multicast

- Se reservaron las siguientes direcciones multicast para DHCPv6:
  - FF02::1:2
    - Todos los servidores y agentes de relay
    - Ámbito enlace local.
  - FF05::1:3
    - Todos los servidores del sitio.
    - Diseñada para que los agentes de relay envíen un mensaje de solicitud a todos los servidores DHCP del Sitio
    - Poco uso puesto que los agentes normalmente contactan a un servidor (o grupo de ellos).

Otras funciones de DHCPv6

- Delegación de prefijos de red.
  - Delegación de prefijo de un router a otros.
  - Útil para ISP
- Otorgamiento de Direcciones en Dos Fases
  - Opción Rapid Commit
  - Usada principalmente cuando hay un solo servidor DHCPv6 o se usa DHCPv6 Stateless.
  - Mensajes:
    - Solicit o Information-Request
    - Reply
  - Para usar esta opción se debe habilitar en el cliente (el mensaje Solicit incluye una opcion de Rapid Commit en el mensaje)

Aspectos Misceláneos de IPv6

- Ruteo con IPv6
  - Igual proceso que en IPv4
  - Ruteo estático (manual) o dinámico
  - Ruteo dinámico: Nuevos protocolos
    - Ruteo interior: RIPv3 – OSPFv3
    - Ruteo exterior: BGP-4
  - Red mixta IPv4 – IPv6 se mantienen dos tablas de ruteo independientes
- Protocolos de Transporte
  - Ningún cambio, excepto por el cálculo de los checksum ya que utiliza un pseudo-encabezamiento con direcciones IP

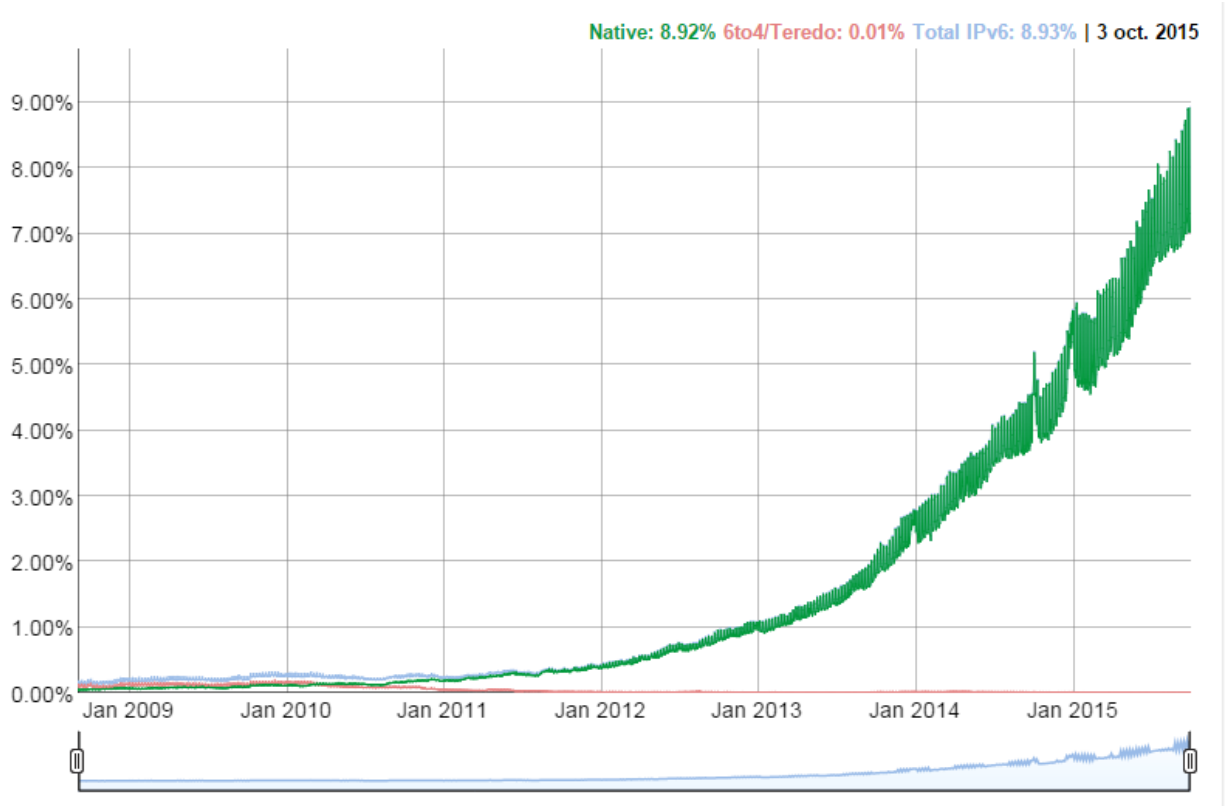
Otros aspectos de IPv6

- Resolución de nombre
  - Se sigue utilizando la resolución estática y dinámica (DNS)
  - DNS
    - Se introduce el registro AAAA en lugar de A para especificar una dirección IPv6 asociada a un nombre.
    - Se cambia el nombre del dominio raíz para la traducción inversa
      - ip6.arpa
    - Un nodo que posee dirección IPv4 e IPv6 deberá tener un registro A y AAAA
      - Primero se devuelve el RR AAAA y en caso de que el nodo origen no tenga IPv6, luego de un tiempo de NO-CONEXIÓN se procede a solicitar el RR A.
      - Para evitar espera conviene introducir dos nombres diferenciados:
        - www6.unt.edu.ar. IN AAAA 2001:DB8::10:2aa:ff:fe21:5a88
        - www.unt.edu.ar. IN A 200.45.169.29

Coexistencia e Integración IPv4 – IPv6

- Agotamiento de direcciones IPv4 reportado por la mayoría de los RIR´s (entre ellos LacNic).
- Adopción de IPv6 a nivel mundial baja
- En Latinoamérica el país de mayor adopción acceso a Internet con IPv6 es Perú seguido de Ecuador.
- En Argentina el grado de adopción es casi nulo.
- En bloques asignados de direcciones IPv6 lidera Brasil seguido por argentina.

Penetración de IPv6 (Ref. Google)



https://www.google.com/intl/es/ipv6/statistics.html#tab=ipv6-adoption&tab=ipv6-adoption

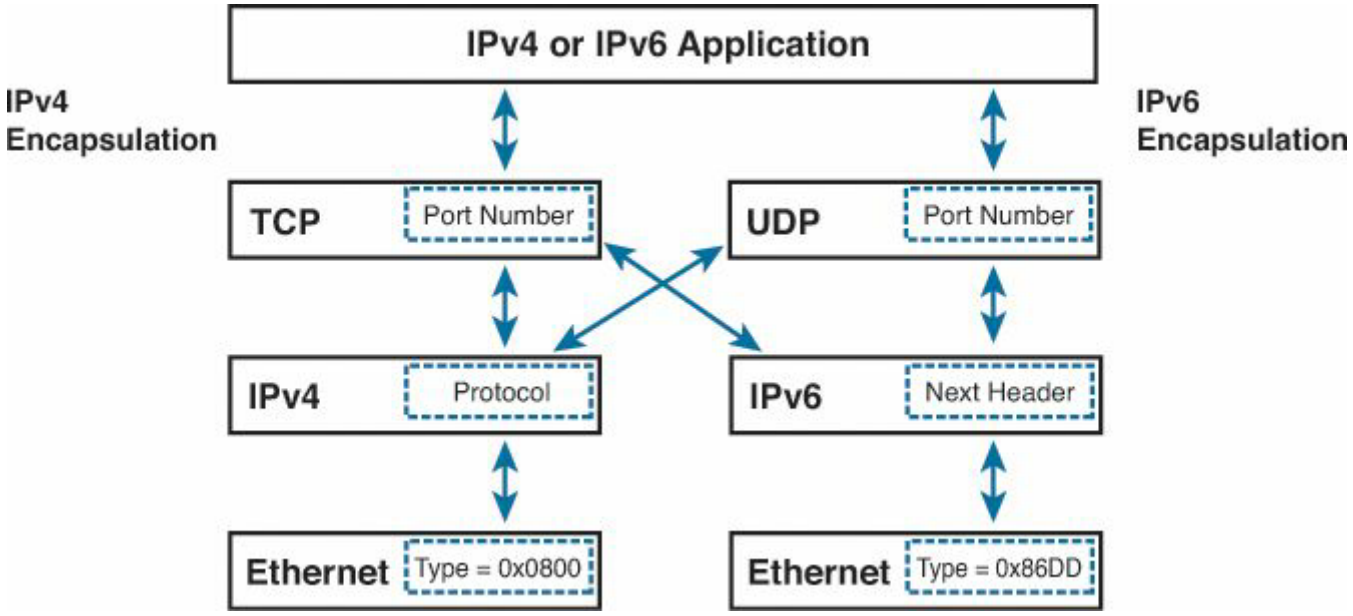
Coexistencia IPv4 – IPv6

- En necesario la coexistencia y migración de IPv4 a IPv6
- IETF creó mecanismos y herramientas para la migración.
- Se pueden agrupar en 3 categorías:
  - Dual Stack: Coexistencia de IPv4 e IPv6 en un mismo host o router
  - Tunneling: Encapsulación de paquetes IPv6 dentro de IPv4
  - Traducción: NAT64 permite que dispositivos IPv6 se comuniquen con dispositivos IPv4

Dual Stack

- Un dispositivo dual stack tiene soporte completo para IPv4 e IPv6
- Puede ser una impresora, un computador, un router, o cualquier otro dispositivo.
- En IPv4 incluye:
  - Dirección IPv4 (4 octetos) – ARP – ICMP
  - En un router: soporte de ruteo estático o dinámico (RIP, OSPF...)
- En IPv6 incluye:
  - Direcciones Global y Link-Local
  - ICMPv6 y SLAAC con DAD
  - En un router: Ruteo estático y dinámico
    - También puede realizar tunneling y/o servicios de traducción.

Aplicaciones con Dual Stack



- La trama Ethernet que transporta IPv4 es idéntica a la que transporta IPv6. Observar campo TYPE
- NOTA: Que un switch L2 no soporte IPv6 no significa que no puede retransmitir paquetes que llevan encapsulado IPv6 sino que no puede ser administrado vía un host IPv6 (only)
- Se introdujeron extensiones para la interface de sockets (ver RFC 3493)

Dual Stack

- Una aplicación puede soportar IPv4 e IPv6
- El dispositivo con dual-stack **NO** elige aleatoriamente que protocolo usar.
- DNS:
  - Una aplicación que soporta ambos protocolos solicita todas las direcciones IP del servidor DNS
  - Si DNS envía direcciones IPv4 e IPv6 selecciona una (normalmente IPv6)
  - El dispositivo se comunica con una **única** dirección IP
  - El algoritmo de selección depende del Sistema Operativo
  - Ver RFC 4472 (Operational Considerations and Issues with IPv6 DNS)
- IP:
  - Si la aplicación utiliza una dirección IP en lugar de un nombre (FQDN) usará el protocolo correspondiente a la dirección IP
  - Ejemplo con IPv4: http://192.168.1.1 – El browser usará IPv4
  - Con IPv6 existe conflicto porque el signo **:** es usado para indicar un puerto.
  - Se debe encerrar la dirección IPv6 entre corchetes.
  - Ejemplos con IPv6:
    - http://**[**FEDC:BA98:7654:3210:FEDC:BA98:7654:3210**]**:80/index.html
    - http://**[**1080::8:800:2000C:417A**]**/index.html

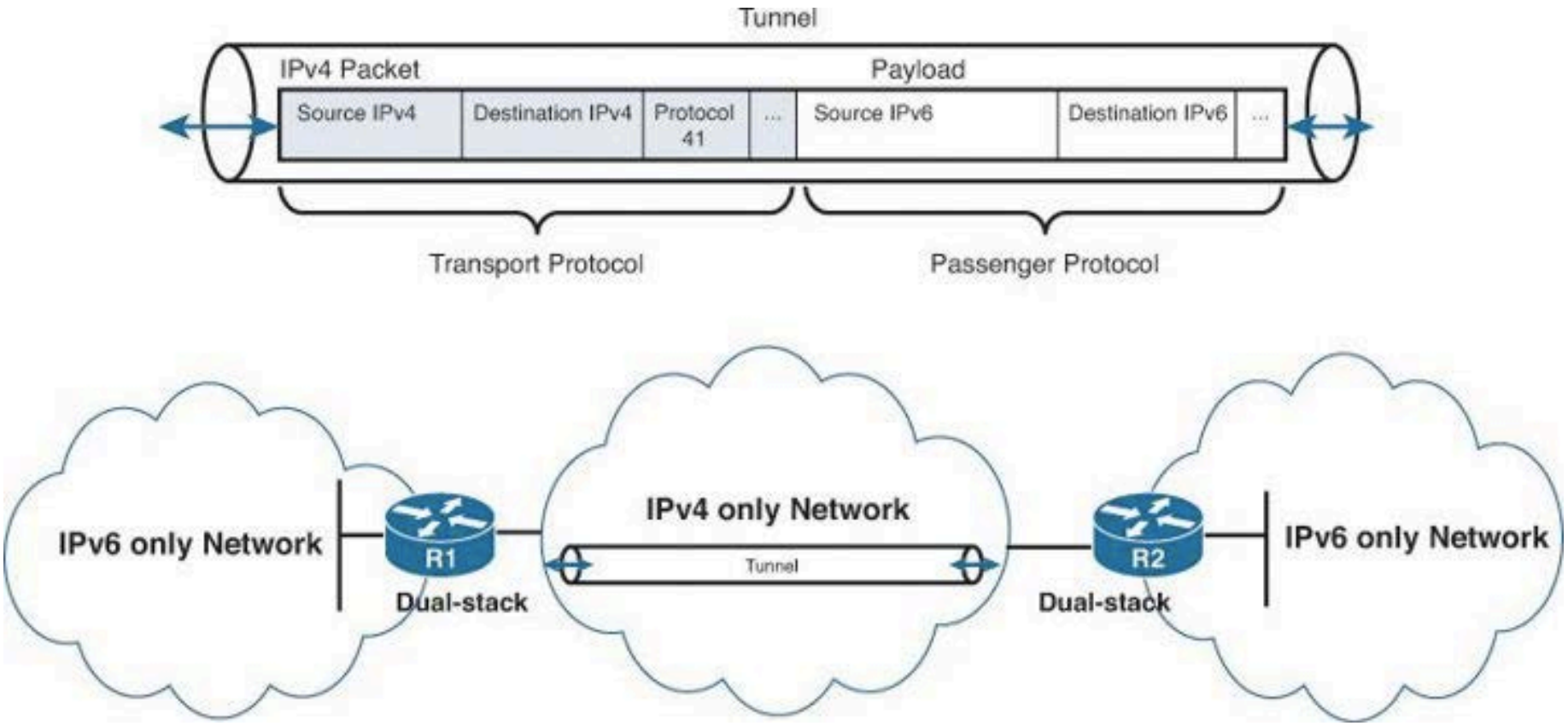
Configuración de Dual-Stack

- Hosts:
  - Cada interface se configura con una IPv4 y una IPv6 y parámetros opcionales (D. Gateway, DNS, etc.)
- Routers:
  - Interfaces idem a un hosts
  - Tablas de ruteo:
    - Una para IPv4
    - Una para IPv6
  - Protocolos de Ruteo (dinámico)
    - Habilitar la versión para cada protocolo. Ejemplo
    - IPv4: OSPFv2
    - IPv6: OSPFv3

Tunneling

- Encapsulación de un paquete IPv6 dentro de un paquete IPv4
- Solución **temporaria** hasta implementación definitiva de IPv6
- Un tunel posee dos tipos de protocolos:
  - Protocolo de Transporte:
    - IPv4. Protocol Number: 41 (denota IPv6 encapsulado)
  - Protocolo Pasajero (Passenger Protocol):
    - IPv6

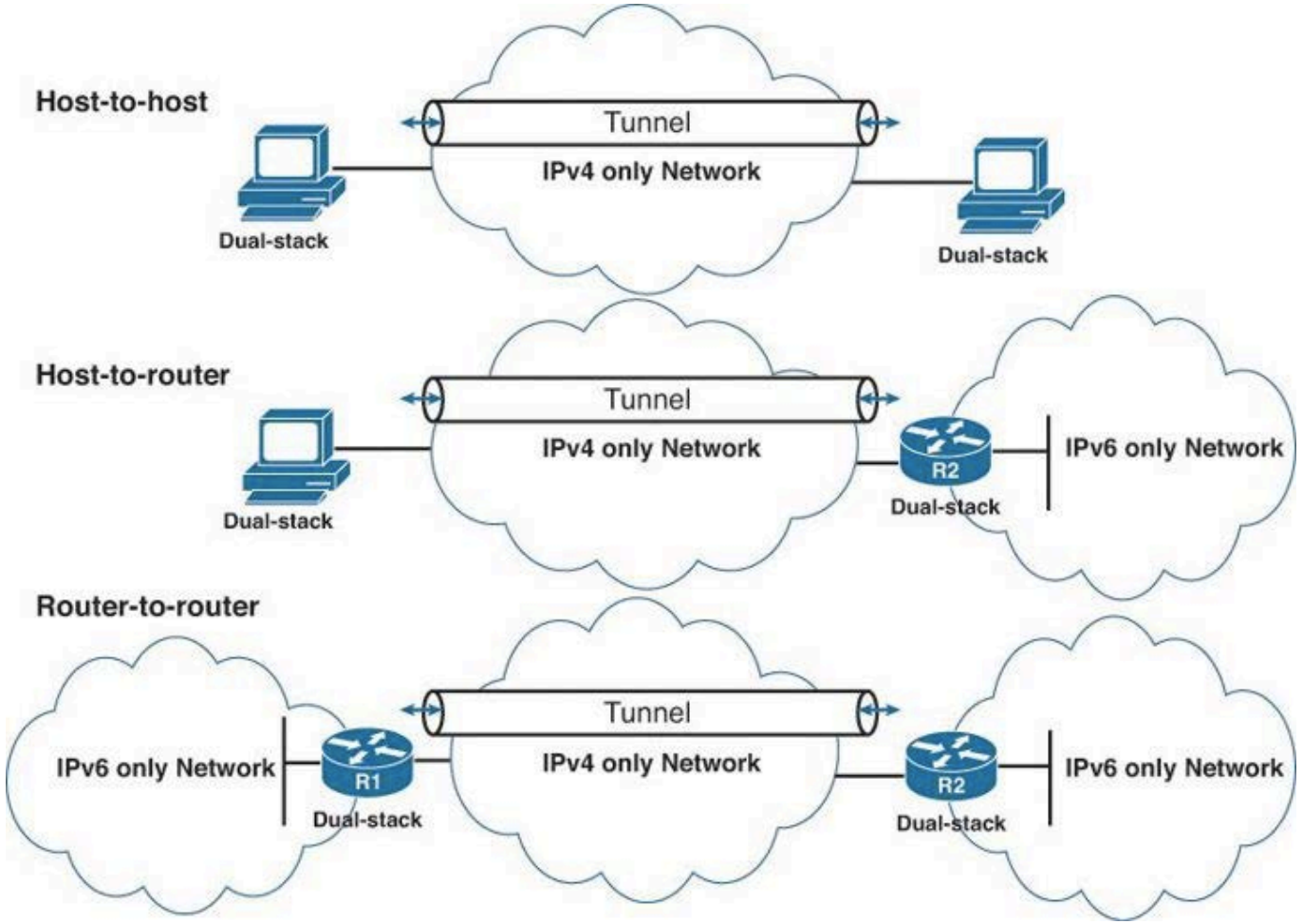
Tunneling


Tunnel
IPv4 Packet
Payload
Source IPv4
Destination IPv4
Protocol 41
...
Source IPv6
Destination IPv6
...
Transport Protocol
Passenger Protocol
IPv6 only Network
R1
Dual-stack
IPv4 only Network
Tunnel
R2
Dual-stack
IPv6 only Network

Tunneling: Componentes

- Un tunel involucra 2 dispositivos, puntos finales del tunel y un protocolo de administración
- Componentes:
  - Punto de entrada al tunel: Dispositivo **dual-stack** donde se encapsula IPv6
  - Punto de salida del tunel: Otro dispositivo **dual-stack** donde se desencapsula IPv6
  - Administración del tunel: Se realiza en el punto de entrada y salida. Involucra encapsulación/desencapsulación, direccionamiento, MTU, fragmentación y procesamiento de error.

Tunneling: Escenarios



Tipos de Túneles

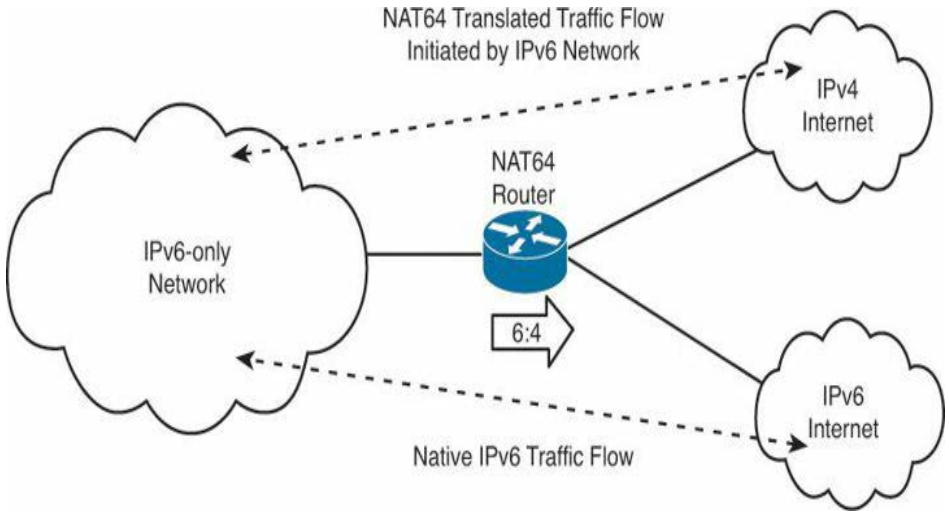
Tipo de Túnel	Origen del Túnel	Destino del Túnel	Observaciones
Manual	Dirección IPv4 o referencia a interface con IPv4	Dirección IPv4	Solo puede transportar tramas IPv6
IPv4 Compatible	Dirección IPv4 o referencia a interface con IPv4	No requerido. Se genera automáticamente	Cisco recomienda NO usar este tipo de Túnel.
ISATAP	Dirección IPv4 o referencia a interface con IPv4.	-	Túneles punto a multipunto usado para conectar sistemas dentro de un sitio.
6to4	Dirección IPv4 o referencia a interface con IPv4	Se calcula la IPv4 por paquete usando la dirección IPv6 destino	

Tipos de Túneles

- Otros túneles:
  - GRE
  - 6RD
  - Teredo
  - ...
- Los más comunes son:
  - Manual
  - 6to4
  - ISATAP

Translation: NAT64 (RFC 6146)

- NAT64 es un mecanismo para transición IPv4 a IPv6 y además para coexistencia entre IPv4 – IPv6
- Objetivo de NAT64:
  - Permitir comunicación de un cliente IPv6 (only) a un Servidor IPv4 (only)
    - Necesita DNS64
  - También comunicación de un cliente IPv4 (only) a un servidor IPv6 (only)
    - Necesita intervención manual.



NAT64

- (Stateful) NAT64 realiza traducción entre IPv6 e IPv4:
  - Traducción de “Headers” entre ambos protocolos (RFC 6145)
  - Traducción de “Direcciones” entre ambos protocolos (RFC 6052)
- Existen 3 Componentes en NAT64:
  1. Prefijo NAT64
     - Puede ser /32, /40, /48, /56, /64 ó /96 usado para la conversión
     - Puede ser NSP (Network-Specific Prefix) o un WKP (Well-Know Prefix)
     - NSP: Asignado por la organización (gralmente una subnet del prefijo IPv6 de la organización)
     - WKP: 64:FF9B::/96. Utilizado cuando no se configura un NSP.
     - Con este prefijo IPv6 se mapearán las direcciones IPv4
  2. Servidor DNS64
     - Obtiene registro AAAA para IPv6 ó en caso que no se encuentre, obtiene el registro A para IPv4 y lo convierte usando el prefijo NAT64 a una dirección IPv6.
  3. Router NAT64
     - Anuncia el prefijo NAT64 en la red IPv6 (Only)
     - Convierte datagramas IPv6 ←-> IPv4

NAT64: Ejemplo