

Introducción a IPv6



José Domínguez

Carlos Vicente

Universidad de Oregón



Temas

- Introducción
- Repaso técnico de IPv6
- Direccionamiento
- Coexistencia de IPv6/IPv4
- Estatus de IPv6



Problemas con IPv4

- Espacio IPv4 limitado y mal distribuído (EEUU vs. Resto del mundo)
- Encabezado de tamaño variable y no óptimo
- No muy flexible a extensiones y opciones
- Difícil implementar QoS
- Autenticación y privacidad no incluídos

Categorías de cambios de IPv4 a IPv6



- Mayor capacidad para direcciones
- Simplificación del formato de cabecera
- Mejor soporte para opciones y extensiones (más flexible)
- Capacidad de etiquetado de flujo
- Autenticación y privacidad



Características de IPv6

- Nuevo formato de encabezado
- Gran espacio de direcciones (128 bits = 3.4×10^{38} posibles direcciones)
- Direccionamiento jerárquico e infraestructura de enrutamiento eficientes
- Configuración de direcciones sin estado y con estado
- Seguridad integrada
- Mayor compatibilidad con QoS
- Nuevo protocolo para la interacción de nodos vecinos
- Capacidad de ampliación

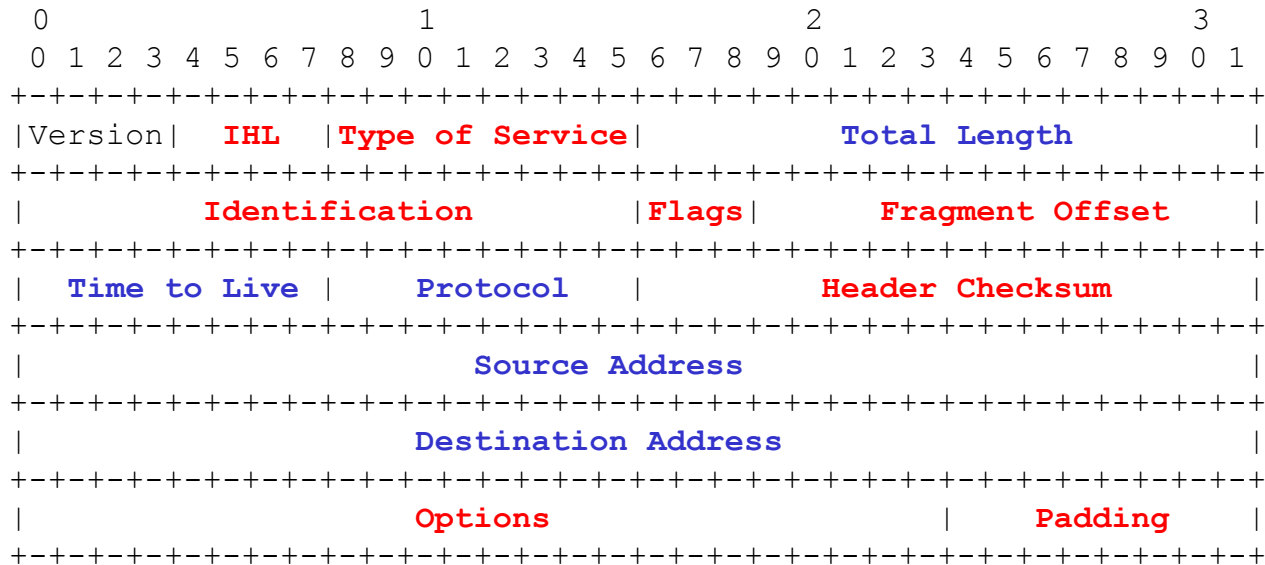


Descubrimiento de Vecinos (Neighbor Discovery)

- Router Advertisement.
- Router Solicitation.
- Routing Redirect.
- Neighbor Solicitation.
- Neighbor Advertisement.



Encabezado IPv4



Quitado Cambiado



Encabezado IPv6

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Version| Traffic Class |                               Flow Label |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|                               Payload Length | Next Header | Hop Limit |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|
+
|
+                               Source Address                               +
|
+
|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|
+
|
+                               Destination Address                               +
|
+
|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

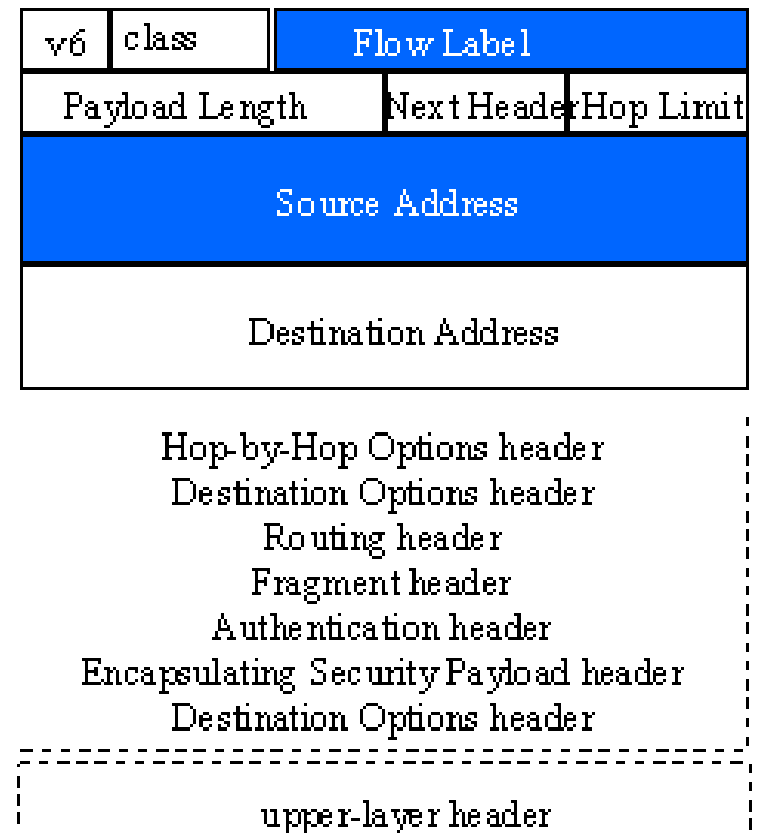
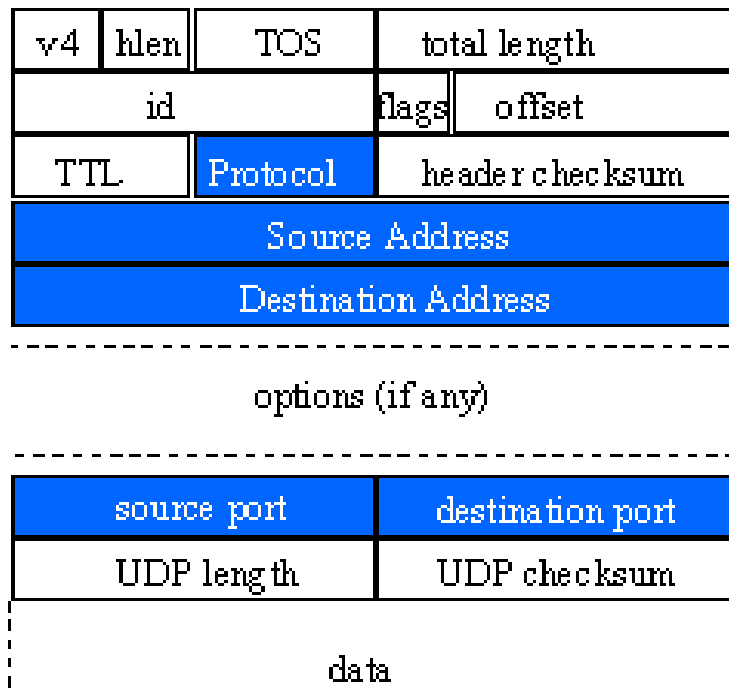



Formato del Encabezado

- Versión
- Clase de Tráfico (Prioridad)
- Etiqueta de Flujo
 - Misma fuente, destino, clase y etiqueta de flujo
 - El manejo de cada flujo es determinado por algún protocolo de control, como RSVP (Resource reSerVation Protocol)

Formato del Encabezado

Etiquetado de Flujo





Formato del Encabezado

- Longitud de la Carga (Payload Length)

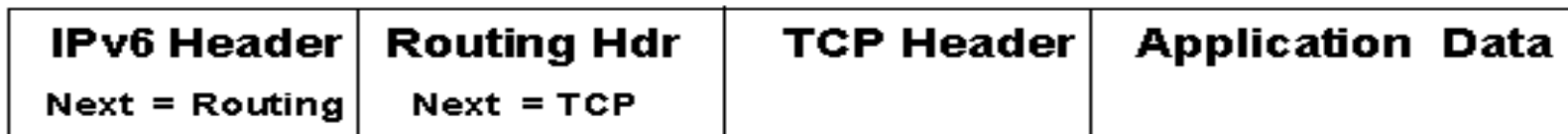
* Jumbo Payloads > 64 Kbytes

- Próximo Encabezado (Next Header)

Valor	Encabezado
0	Hop-by-Hop Options
6	TCP
17	UDP
58	ICMPv6
60	Destination Options

Formato del Encabezado

- Campo del Próximo Encabezado (Next-header Field)





Formato del Encabezado

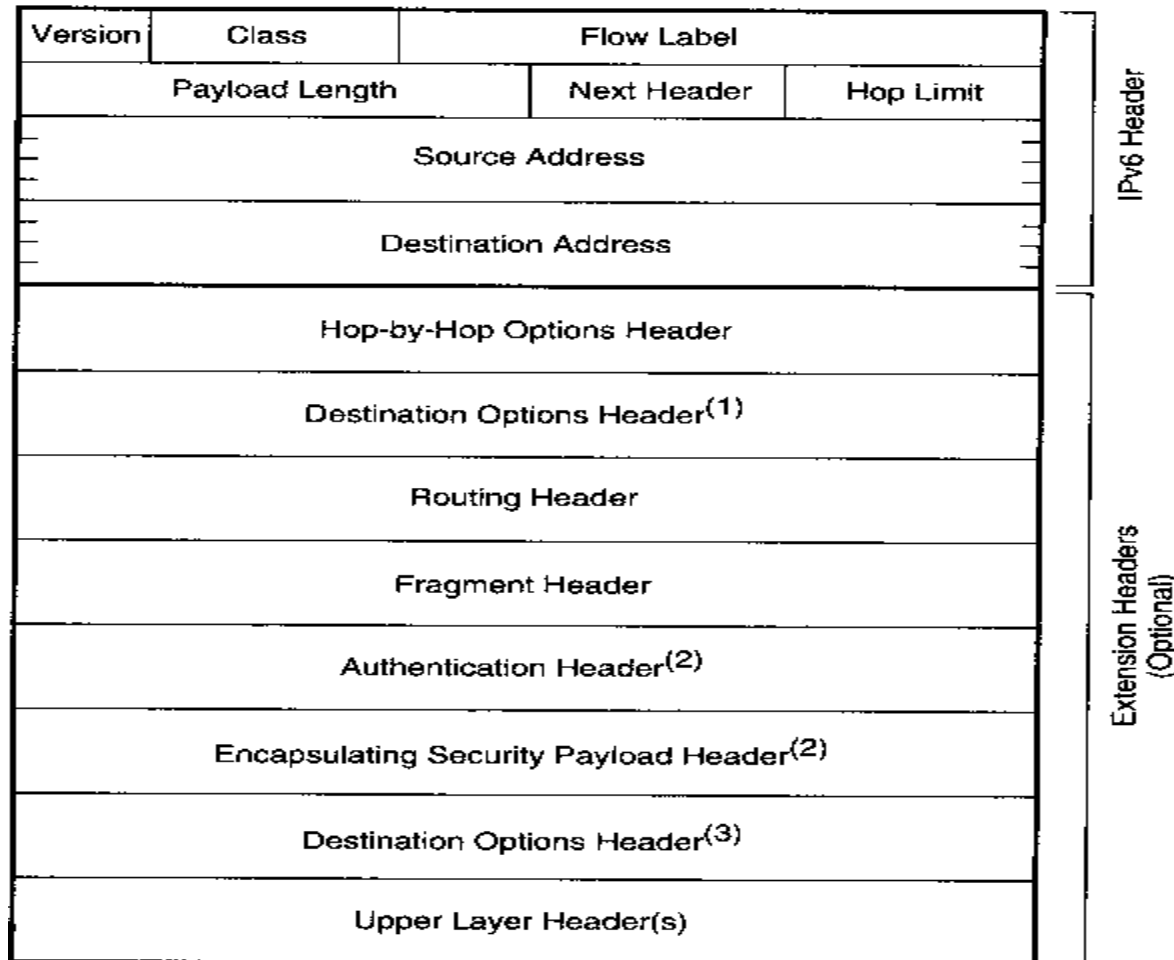
- Limite de Saltos -> TTL (Hop Limit)
- Dirección de Origen
- Dirección de Destino



Encabezados de Extensión

- Reemplazo de los campos opcionales de IPv4
 - Opciones poco o nada utilizadas
- Longitud igual a múltiplos de 8 octetos (64 bits)
- IPv6 debe soportar los siguientes:
 - Hop-by Hop Options
 - Routing
 - Fragment
 - Destination
 - Authentication
 - Encapsulation Security Payload

Encabezados de Extensión

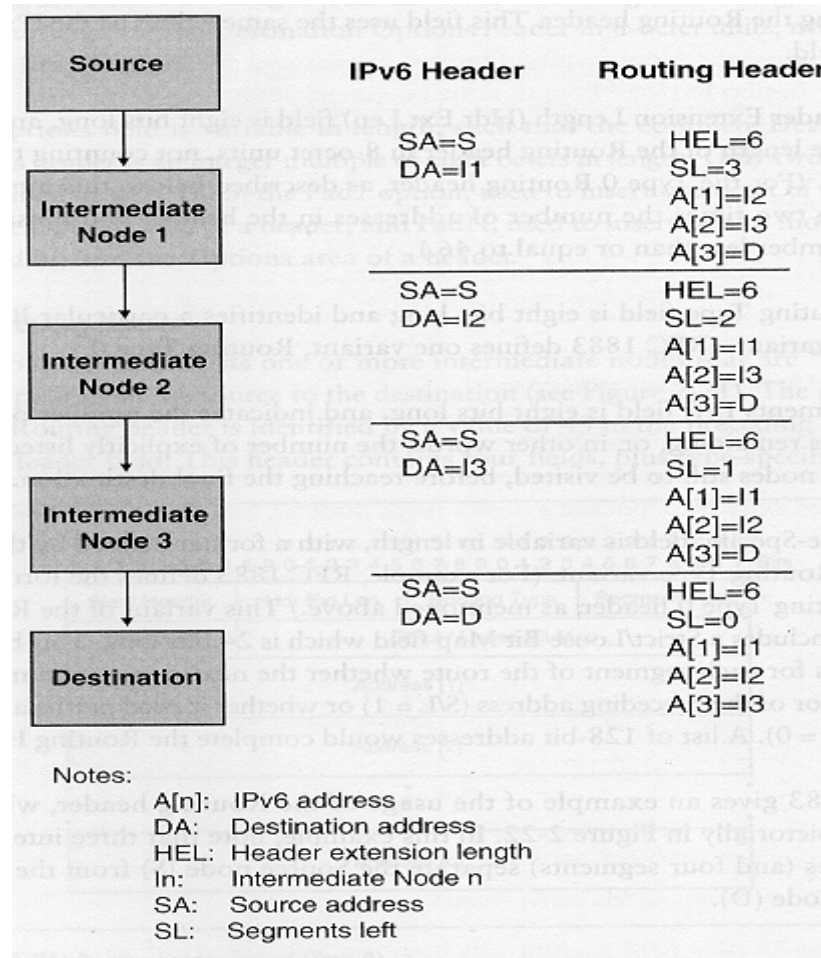




Encabezados de Extensión

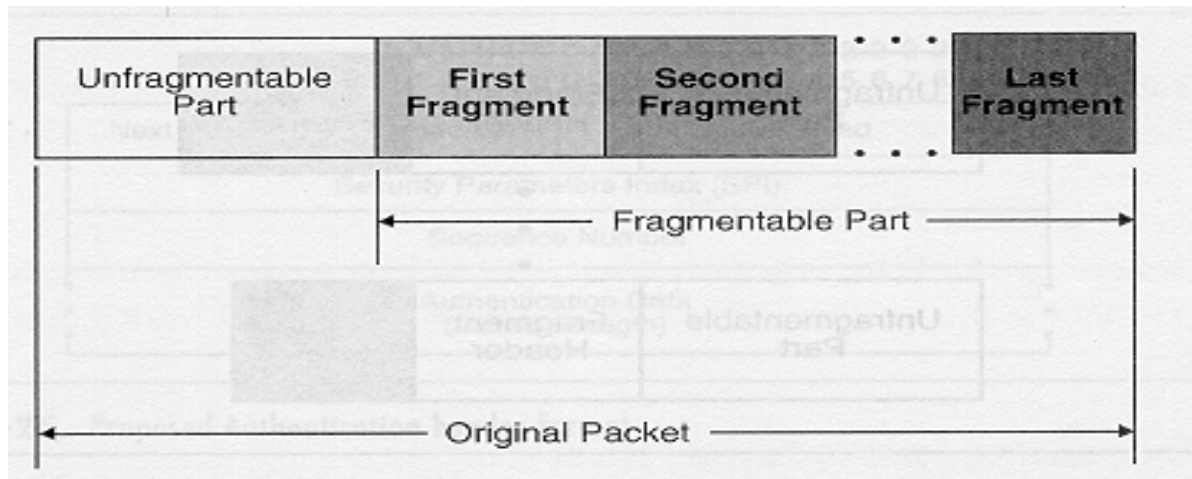
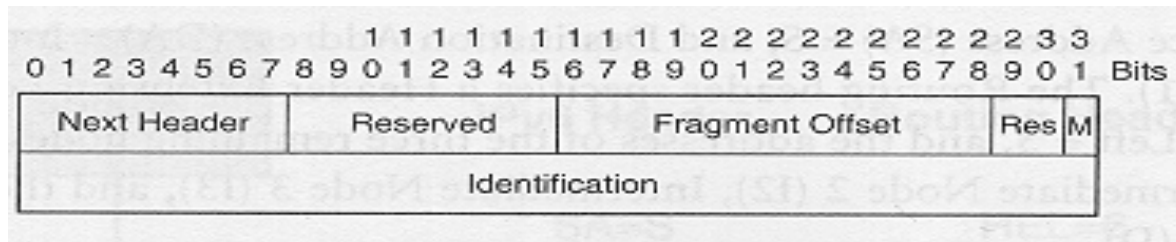
- Encabezados de Opciones de Salto-a-salto (Hop-by-Hop Options)
 - Lleva información que se analiza en cada nodo de la trayectoria (0)
- Encabezados de Opciones de Destino (Destination Options)
 - Lleva información opcional que es examinada por el nodo destino del paquete (60)
- Encabezados de Enrutamiento (Routing)
 - Lista los nodos intermedios a ser “visitados” en el camino desde la fuente al destino (43)

Encabezado de Enrutamiento



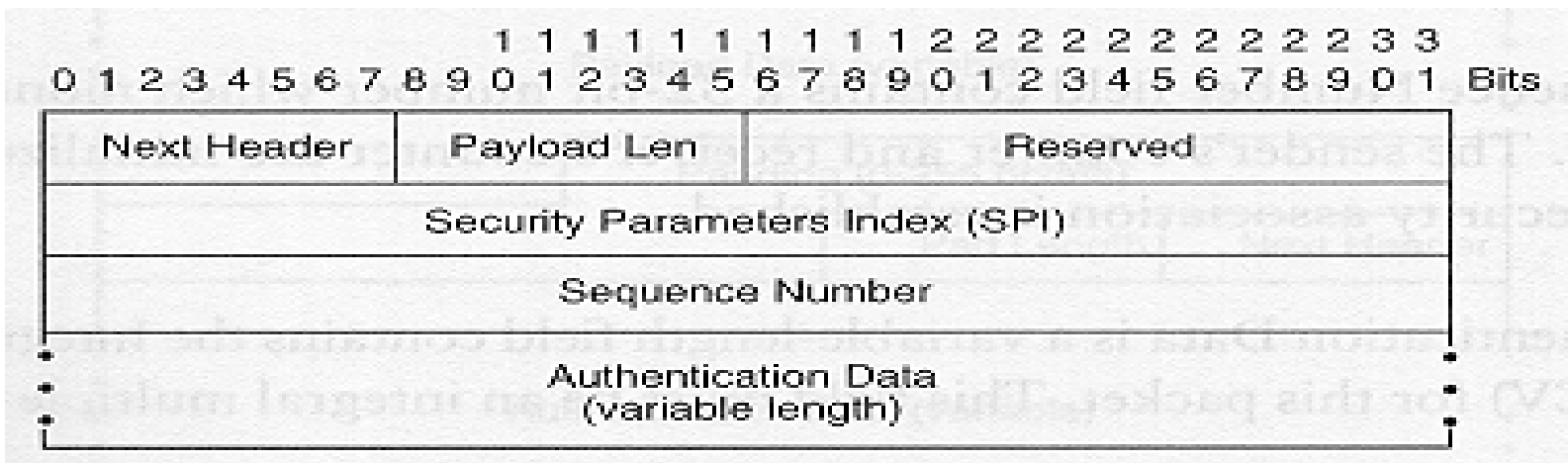
Encabezado de Fragmentación

- Usado para enviar paquetes más grandes que el Path MTU



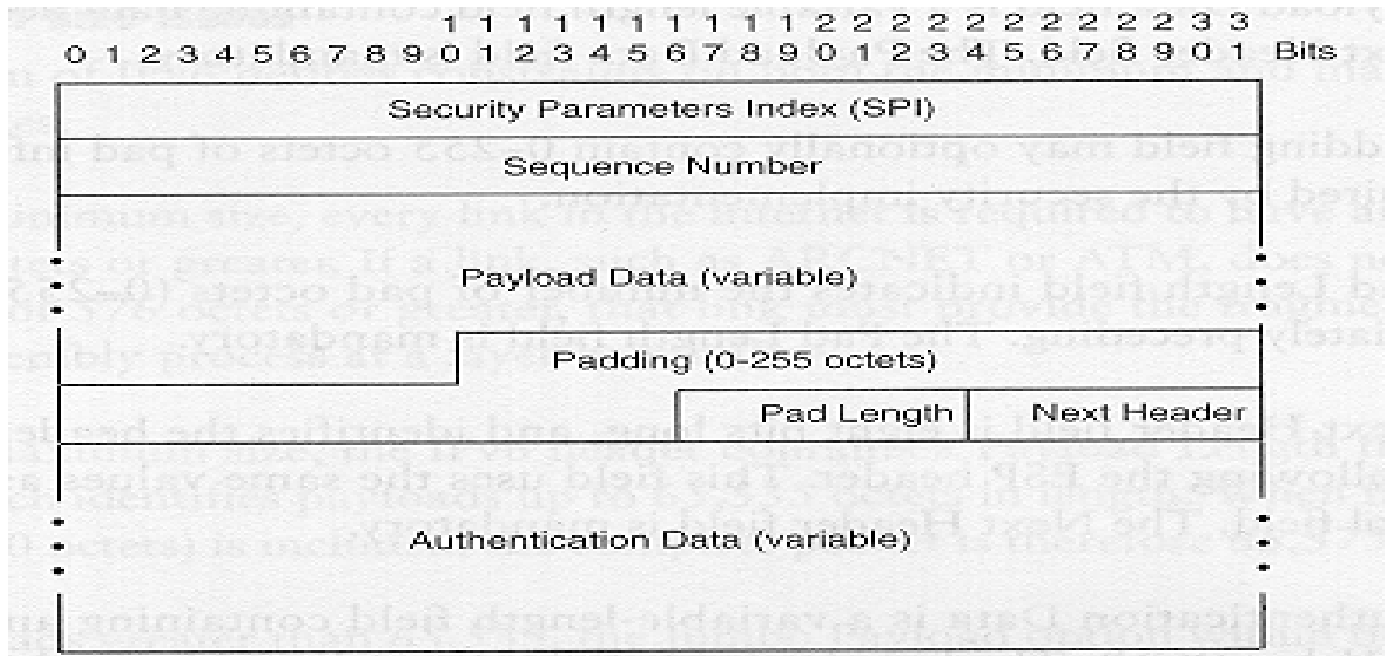
Encabezado de Autenticación

- Provee autenticidad e integridad en los datagramas IP (51)



Carga de encapsulado de seguridad (ESP)

- Provee confidencialidad (y opcionalmente, integridad, autenticación y anti-reproducción) (50)
 - Puede utilizarse solo o conjuntamente con AH





Tipos de Direcciones en IPv6

- **Unicast:** un identificador para una sola interfaz.
 - Un datagrama enviado a una dirección de unicast se entrega sólo a la interfaz identificada con esa dirección
- **Multicast:** un identificador para un conjunto de interfaces (regularmente en diferentes estaciones).
 - Un datagrama enviado a una dirección multicast se entrega a todas las interfaces identificadas por esa dirección
- **Anycast:** un identificador para un conjunto de interfaces (regularmente en diferentes estaciones)
 - Un datagrama enviado a una dirección anycast se entrega a una de las interfaces identificadas por esa dirección (regularmente la estación más cercana de acuerdo con las métricas de los protocolos de entutamiento).



Identificadores para Interfaces

- 64 bits dedicados a identificar una interfaz
- Se garantiza que sea único en una subred
- Esencialmente es lo mismo que (Identificador Único Extendido) EUI-64
- Hay una fórmula para convertir las direcciones MAC de IEEE802
- Se usan muchas formas de direcciones de unicast



Identificadores para Interfaces

- Las direcciones de IPv6 son asignadas a las interfaces y no a los nodos
- El mismo identificador de interfaz puede ser utilizado en múltiples interfaces en una estación
- Conversión de IEEE802 a EUI-64
 - 00:0A:95:F2:97:DB
 - Reglas
 - Insertar FF:FE entre el tercer y cuarto octeto de la dirección MAC
 - Usar el complemento del bit de universal/local (penúltimo bit del primer octeto)
 - 02:0A:95:FF:FE:F2:97:DB



Identificadores para Interfaces

- Estaciones deben reconocer:
 - Dirección de enlace local (link local)
 - Dirección asignada de unicast y anycast
 - Dirección de Multicast para todas las estaciones (all-nodes)
 - Direcciones de multicast para todos los grupos a los que se ha suscrito



Identificadores para Interfaces

- Enrutadores deben reconocer
 - Todas las direcciones mencionadas para los nodos
 - La dirección de anycast de la subred-enrutador para las interfaces en las está configurado para servir de enrutador
 - Todas las demás direcciones de anycast que se hayan configurado
 - Dirección de multicast de todos los enrutadores (all-routers)



Estructura de Direcciones IPv6

- IPv4 32 bits (4 octetos) de longitud
 - 130.192.1.143
- IPv6 128 bits (16 octetos)
 - 3FFE:0800:1200:300a:2A8:79FF:FE32:1982
- Necesidad de DHCP y DNS



Estructura de Direcciones IPv6

- Escritas en una secuencia de 8 grupos de 4 dígitos hexadecimales separados por :
- Notaciones:
 - 1080:0000:0000:0000:0008:0800:200C:417A
 - 1080:0:0:0:8:800:200C:417A
 - 1080::8:800:200C:417A



Estructura de Direcciones IPv6

■ Notaciones

- FF01:0:0:0:0:0:0:43 Dirección multicast
- 0:0:0:0:0:0:0:1 Dirección loopback
- 0:0:0:0:0:0:0:0 Dirección no especificada

■ Pueden representarse:

- FF01::43 Dirección multicast
- ::1 Dirección loopback
- :: Dirección no definida



Estructura de Direcciones IPv6

- Notación CIDR
 - ***dirección-ipv6/longitud-prefijo***
 - ***dirección-ipv6:*** es cualquiera de la notaciones anteriores
 - ***longitud-prefijo:*** número decimal especificando la longitud del prefijo en bits

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



Notaciones Válidas

- Prefijo de 60 bits 12AB00000000CD3:
- 12AB:0000:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60
- 12AB::CD30:0:0:0:0/60
- 12AB:0:0:CD30::/60

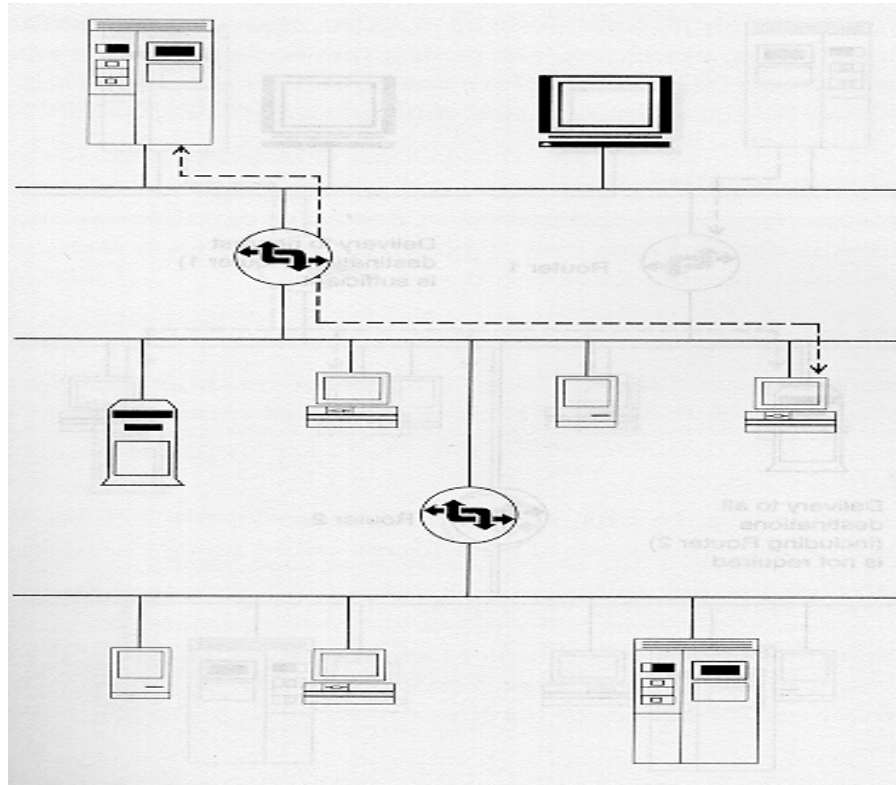


Notaciones no válidas

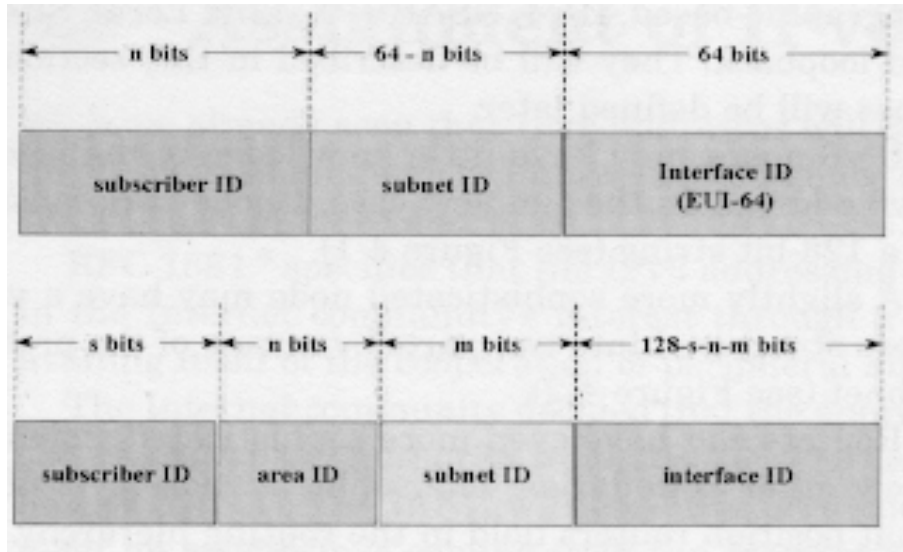
- **12AB:0000:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60**
- 12AB:0:0:CD3/60
 - Dentro de un grupo de 16 bits, se pueden omitir los ceros del principio, pero no los del final
- 12AB::CD30/60
 - Se pierden los ceros a partir de CD30
- 12AB::CD3/60
 - Los dos errores anteriores, combinados

Direccionamiento Unicast

- Identifica una sola interfaz



Ejemplo de Dirección Unicast



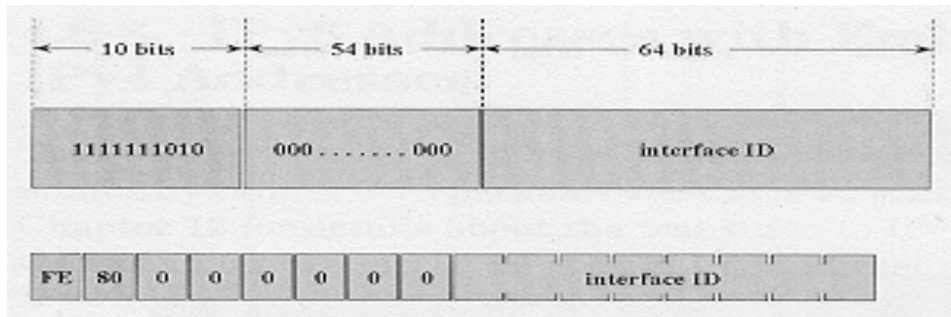


Direcciones Unicast

- Dirección No-especificada
 - Todos dígitos son cero (::)
 - Utilizada como la dirección de origen durante el proceso de inicialización
 - También utilizada para representar la ruta por defecto
- Dirección de Loopback
 - El último bit es 1 (:::1)
 - Similar a 127.0.0.1 en IPv4

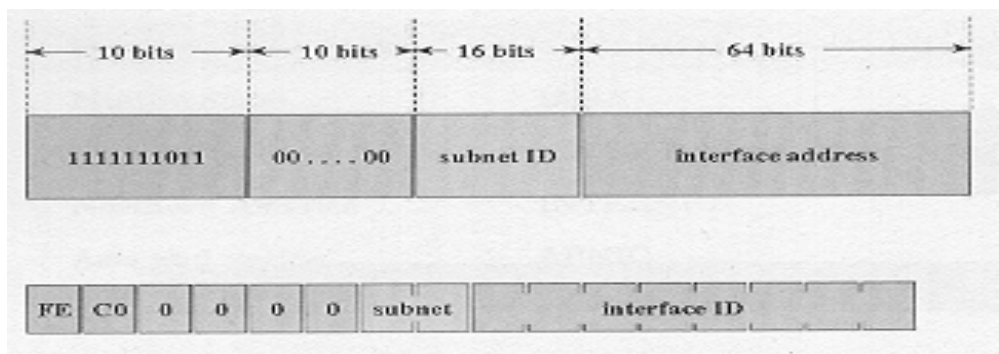
Direcciones de Enlace Local (Link local)

- Diseñadas para autoconfiguración de enlaces y descubrimiento de vecinos
 - FP=1111111010.
- Únicas en una subred
- Los enrutadores no deben enrutar ningún datagrama con origen o destino de enlace local
- Ejemplo:
 - MAC = 08-00-02-12-34-56
 - IPv6 = FE80::A00:2FF:FE12:3456



Direcciones Locales del Sitio

- Usadas para reemplazar direcciones IPv4 para uso en intranets FP=111111011.
- Concepto similar al de las direcciones RFC1918
- Han sido descartadas (IETF SF 2003)
- Ejemplo:
 - MAC = 00-00-0C-12-34-56
 - IPv6 = FEC0::_{subred}:200:CFF:FE12:3456



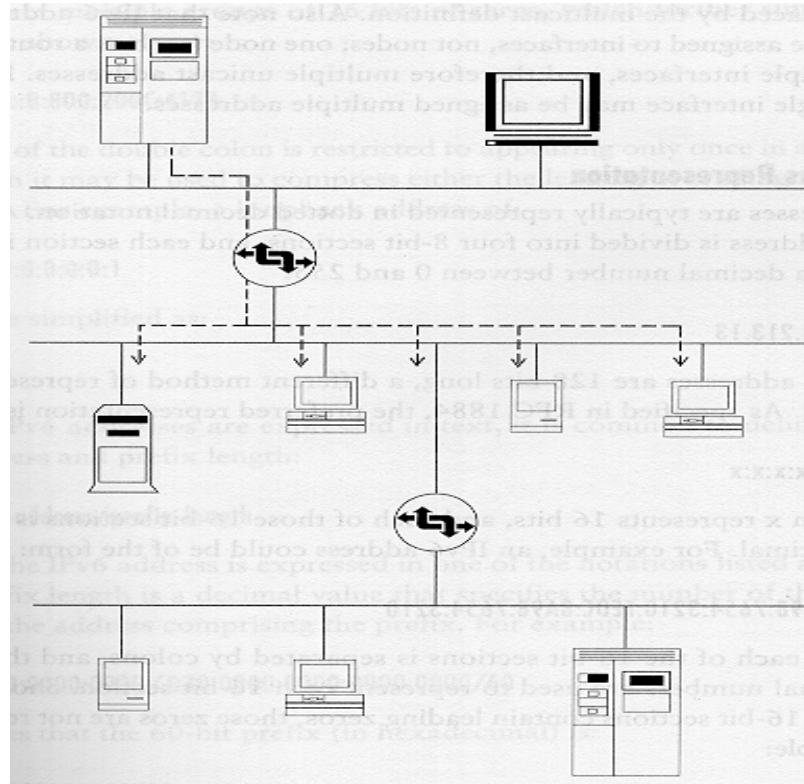


Dirección IPv6 con IPv4 Incluído

- Direcciones IPv6 compatibles con IPv4
 - ::131.178.100.30
 - Utilizadas por estaciones de IPv6 para comunicarse sobre túneles automáticos
- Direcciones IPv6 con IPv4 “mapeado”
 - ::FFFF:131.178.100.30
 - Utilizadas por estaciones con pilas duales para comunicarse sobre IPv4 utilizando direccionamiento de IPv6 en las llamadas del sistema

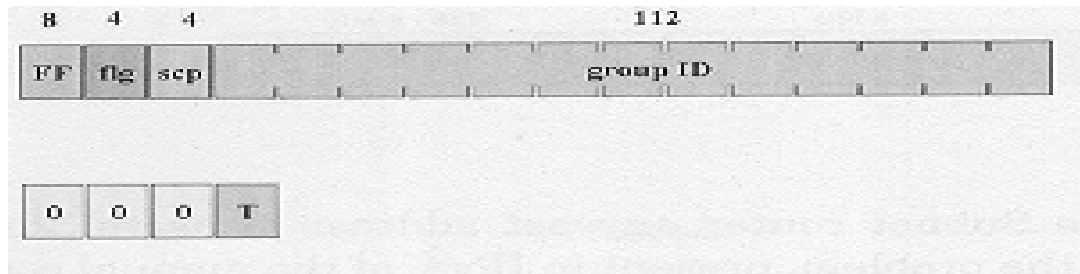
Direccionamiento Multicast

- Un identificador para un conjunto de interfaces



Direccionamiento Multicast

- FP = 1111 1111



- T=0 permanente, T=1 no permanente
- SCP: limita el conjunto del grupo de multicast
- Group ID identifica el grupo de multicast, permanente o no.



Direccionamiento Multicast

0: Reservado

1: Interfaz-local

2: Enlace-local

3: Reservado

4: Admin-local

5: Sitio-local

6: No asignado

7: No asignado

8: Organización-local

9: No asignado

A: No asignado

B: No asignado

C: No asignado

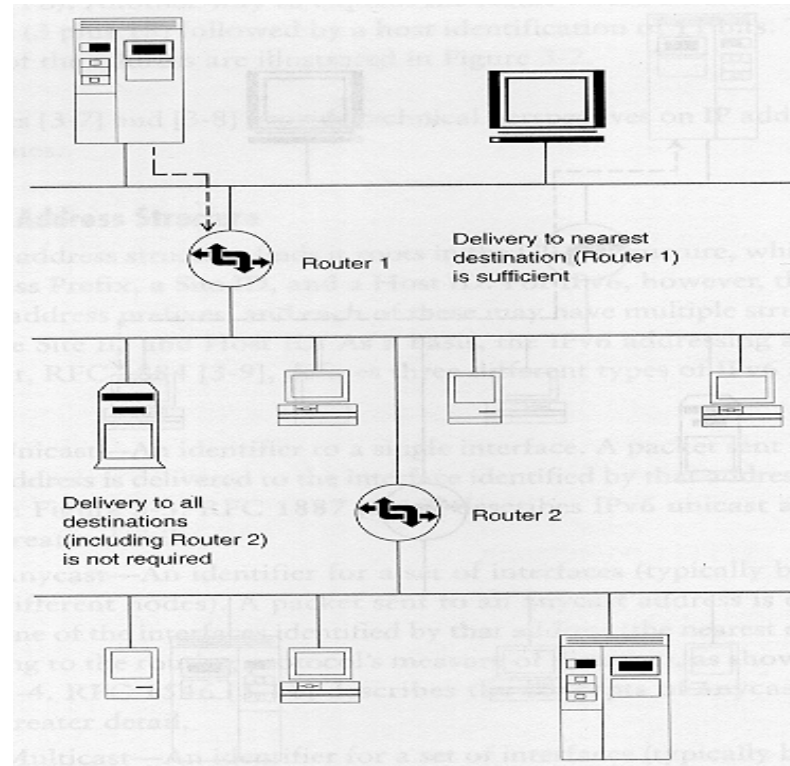
D: No asignado

E: Global

F: Reservado

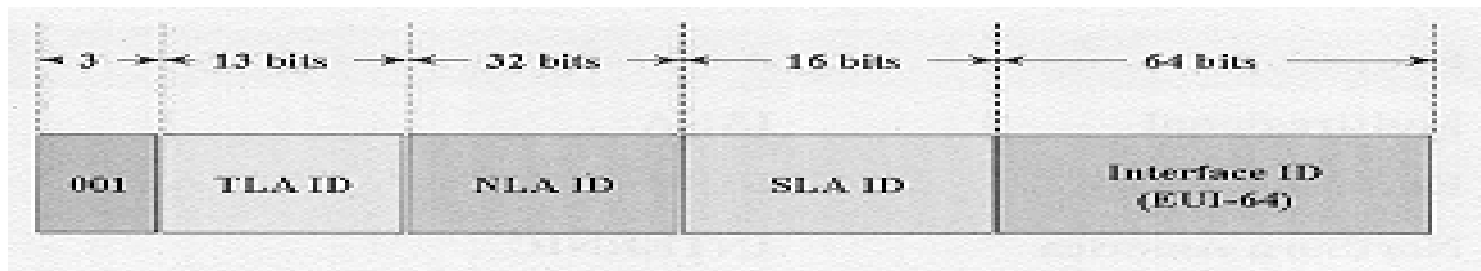
Direccionamiento Anycast

- Un identificador para un conjunto de interfaces



Direcciones Unicast Globales Agregables

- FP = 001, representan 1/8 del espacio de direccionamiento
 - 2000::/3



- RFCs han sido actualizados para referirse a:
 - Prefijo de enrutamiento global
 - Identificador de subred

Agregadores de Nivel Primario



- Asignaciones por los RIRs a los Proveedores de Transito
 - Que a su vez hace asignaciones a los clientes
- En práctica los RIRs han adoptado una estrategia inicio lento (slow start)
 - Comienzan por hacer una asignación de /32
 - Expandirla a /29 cuando haya suficiente uso del /32
 - Al final pasar a un /16



Uso en el Oregon GigaPOP

- Asignadas por Abilene (Internet2)

2001:468:0d00::/40

3ffe:3700:0d00::/40

- Ver

http://ipv6.internet2.edu/Abilene_Allocations.shtml



Uso en UOREGON

- Asignadas por el Oregon GigaPOP

OGIG IPv6 Prefix: 2001:0468:0D01::/48



Direcciones Dependientes de la Localidad Geográfica

- Casi abandonadas. Aunque hay una nueva propuesta para su uso
 - Tony Hain
- El mundo se divide en continentes, regiones y áreas metropolitanas.
- Ocupan 1/8 del espacio de direccionamiento.
- FP = 100
- ISPs se oponen por complejidad de tablas de enrutamiento



Asignación de Direcciones: Autoconfiguración

- El propósito final del espacio de direcciones PA es agregación
 - A medida que te mueves hacia arriba en el árbol, las direcciones son agregadas en bloques de prefijos más grandes
 - Si se implementa de manera correcta, el resultado sería una zona sin necesidad de una ruta por defecto y con número pequeño de prefijos



Asignación de Direcciones: Autoconfiguración

- Cuando la configuración manual de todos los dispositivos es una tarea muy ardua
- Asume que las interfaces pueden proveer un identificador único
- Comunicación es realizada utilizando direcciones de enlace local
- Facilita la reenumeración de la red cuando se cambian proveedores



Descubrimiento de Vecinos (Neighbor Discovery)

- Descubrimiento de Vecinos
 - Router Advertisement.
 - Router Solicitation.
 - Routing Redirect.
 - Neighbor Solicitation.
 - Neighbor Advertisement.



Asignación de Direcciones: Autoconfiguración

- Genera una dirección de enlace local
- Verifica que esta dirección es válida. Usa solicitud de vecinos con la dirección generada como el destino . ICMP tipo 135
 - Si no hay respuesta, asigna la dirección a la interfaz y la estación se puede comunicar
 - Si la dirección está siendo utilizada
 - Envía un mensaje de anuncio de vecino. ICMP 136
 - La generación de la dirección de enlace local falla y se debe utilizar configuración manual o se genera una nueva dirección de enlace local
- Una vez la dirección es asignada, la estación se une al grupo multicast de todos los enrutadores (FF02::1)
- Envía un mensaje de solicitud de enrutadores a todos-enrutadores. ICMP tipo 133
- Enrutador responde con un mensaje de anuncio de enrutador. ICMP tipo 134



Asignación de Direcciones: Autoconfiguración

- Verifica el estado del indicador de configuración de direcciones administradas (managed address configuration)
 - Si $M=1$, se debe utilizar configuración con estado
 - Si $M=0$, procede con configuración sin estado
- Verifica el estado del indicador de otra configuración de estado (other stateful configuration)
 - Si $O=1$, se debe utilizar configuración con estado para los demás parámetros
 - Si $O=0$, termina el proceso de autoconfiguración



Asignación de Direcciones: Autoconfiguración

- Configuración Sin Estado
 - Los enrutadores deben enviar anuncios de enrutadores a intervalos regulares a la dirección de todas las estaciones (all-hosts)
 - Configuración Sin estado es utilizada sólo para las direcciones
 - No hará toda la configuración que el usuario quisiera



Asignación de Direcciones: Autoconfiguración

- Configuración con Estado
 - Se usa cuando no se quiere usar configuración sin estado
 - Similar a las configuraciones de hoy en día en IPv4
 - DHCPv6 es probablemente la mejor opción



Objetivos de Pilas Duales IPv6/IPv4

- Enrutadores de IPv4 e IPv6 + estaciones pueden comunicarse
- Interfaces de Programación (API) deben soportar ambas versiones
- Es necesaria la traducción de encabezados
- Transición debe ser fácil para usuarios finales

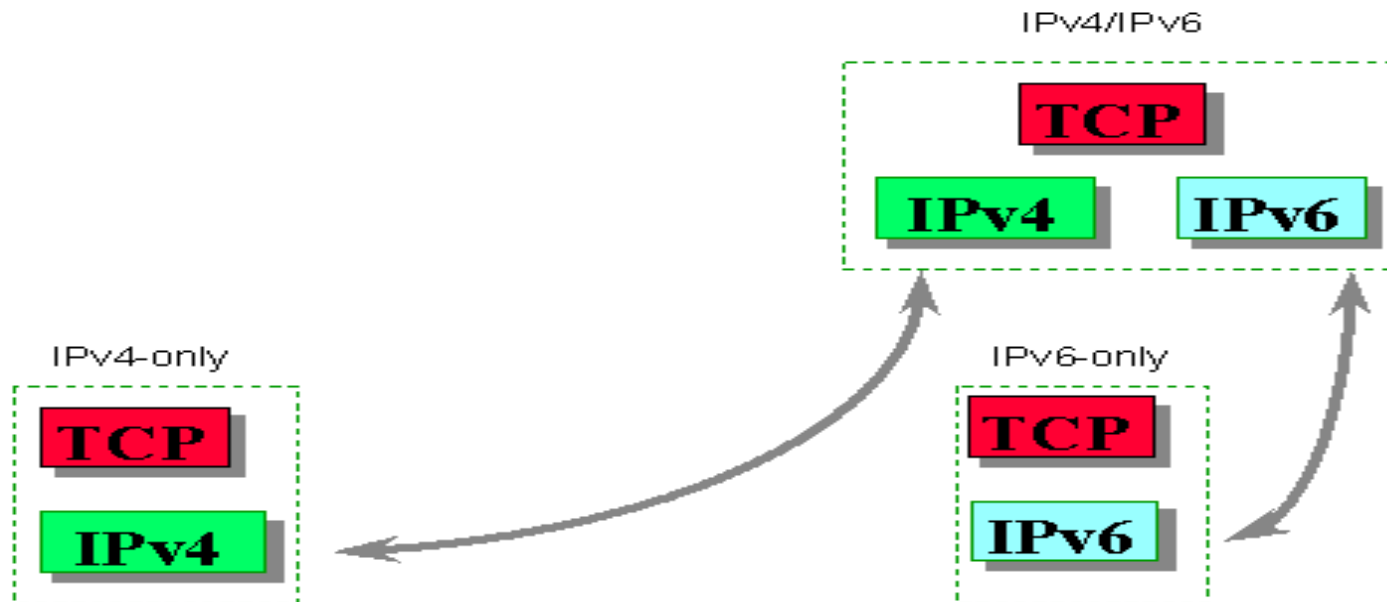


Terminología

- Tipos de nodos:
 - Nodo IPv4 puro (No entiende IPv6)
 - Nodo IPv6/IPv4 (Entiende ambas versiones)
 - Nodo IPv6 puro (No entiende IPv4)
 - Nodos IPv6/IPv6 e IPv4 son nodos IPv4
 - Nodos IPv6/IPv4 e IPv6 son nodos IPv6

Nivel de IP Dual

- Nivel de red dual
- Nivel de transporte Híbrido
- Nivel API dual

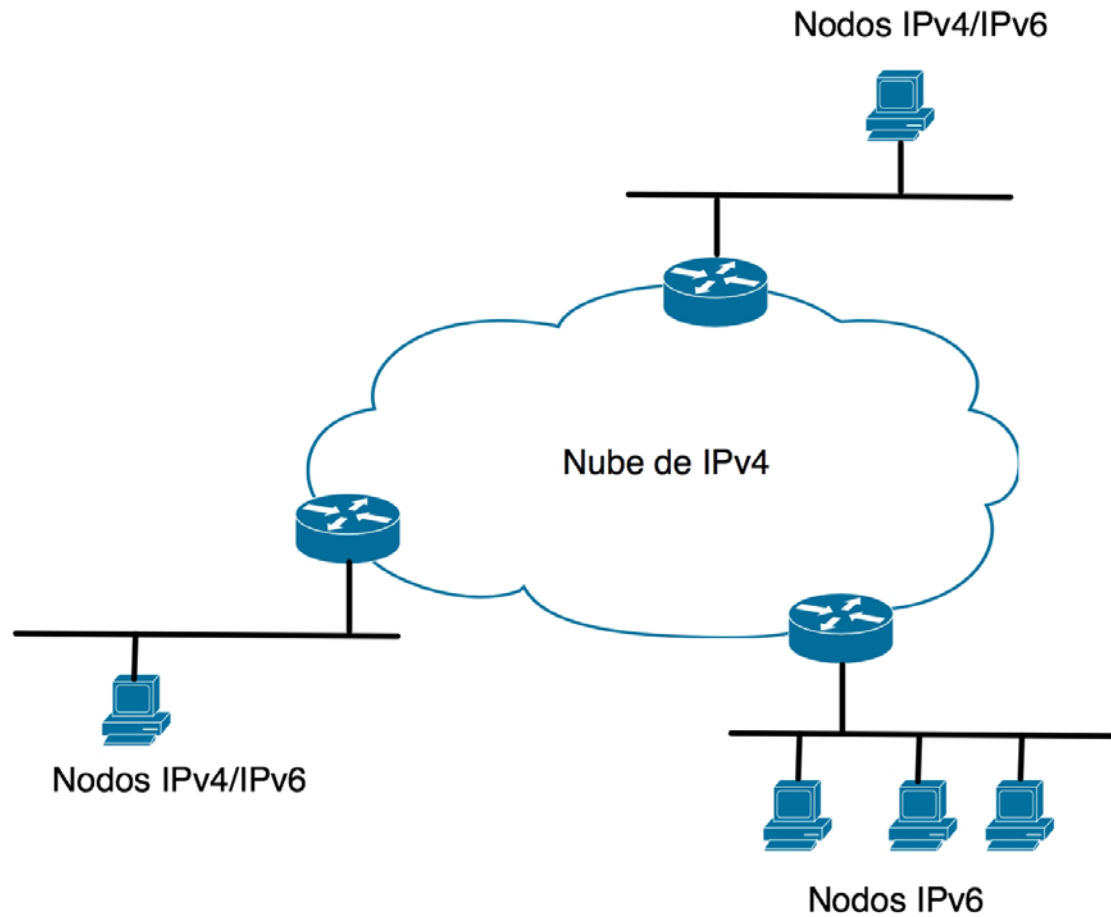




Túneles

- 6Bone es un ejemplo
- Provee conexiones entre islas de IPv6
- Enrutadores o Dispositivos con pilas duales proveen la conexión
- Encapsulado de datagramas de IPv6 en datagramas de IPv4
 - Como siempre tener cuidado con MTU

Túneles





Multihoming

- ¿Qué pasa cuando tienes conexiones a más de un proveedor?
- Problemas con la asignación actual usando el espacio de direcciones PA
- IETF muy activo en esta área
 - <http://www.ietf.org/html.charters/multi6-charter.html>



DNS

- Similar a IPv4
- Mucho más importante pues es muy difícil recordar direcciones de IPv6
- Tratar de mantener los archivos y delegaciones tan simples como sea posible
- Se puede usar IPv4 o IPv6 como transporte
- Versiones modernas de BIND soportan IPv6
- DNS dinámico está siendo definido



DNS

- Usa registros AAAA para la asignación de nombres a direcciones IPv6
- Es posible tener múltiples direcciones para el mismo nombre
 - Por ejemplo cuando se tiene multi-home
- Se pueden asignar registros A y AAAA al mismo nombre
- También es posible asignar dominios diferentes para IPv6
 - Problema de islas de conectividad IPv6



DNS

- Para búsquedas invertidas se deben mantener ambos
 - ip6.int
 - Aunque este ha sido descartado todavía existen implementaciones que lo usan
 - ip6.arpa
- Si se quiere se puede usar un solo archivo con notaciones de origen (@) y apuntar al mismo archivo en la configuración



DNS

- **Búsqueda directa**

- **estacion1 IN A 128.223.60.195**
- **estacion1.ipv6 IN AAAA 2001:468:d01:3c::80df:3cc3**

- **Búsqueda Invertida (IPv4)**

- **195.60 IN PTR estacion1.uoregon.edu.**

- **Búsqueda Invertida (IPv6)**

- **3.c.c.3.f.d.0.8.0.0.0.0.0.0.0.0.c.3.0.0 IN PTR estacion1.ipv6.uoregon.edu.**



Referencias

- Sitios Web:

- Cisco Systems (<http://www.cisco.com/ipv6>)
- <http://www.ipv6.org>
- <http://www.6bone.net>
- <http://www.ipv6forum.org>
- <http://playground.sun.com/pub/ipng/html/ipng-main.html>

- Libros:

- Internetworking IPv6 with Cisco Routers
- IPv6 for Cisco IOS

- IETF & RFCs

- <http://www.ietf.org/html.charters/ipv6-charter.html>
- <http://www.ietf.org/html.charters/multi6-charter.html>
- <http://www.ietf.org/html.charters/v6ops-charter.html>