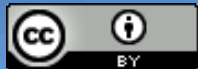




Taller de Diseño de Redes de Campus

Introducción a IPv6



These materials are licensed under the Creative Commons *Attribution-Noncommercial 3.0 Unported* license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>)

Problemas con IPv4

- Espacio IPv4 limitado y mal distribuído
 - IANA distribuyó los últimos bloques a los RIRS en enero de 2011
 - Esto es en realidad el factor más importante
- Encabezado de tamaño variable
- Inflexible a extensiones y opciones
- QoS no incluído
- 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

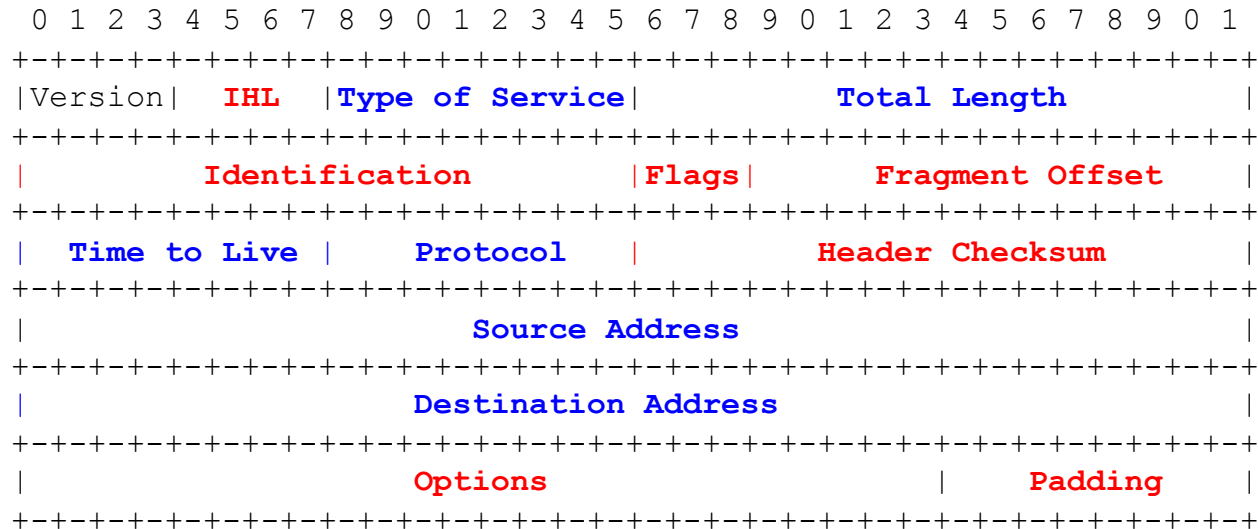
Cambios en los encabezados

- *Version*: Permanece igual (4 ó 6)
- *Header Length*: No es necesario ya que el encabezado IPv6 es de tamaño fijo
- *Type of Service*: Cambia su nombre a *Traffic Class*
- *Flow Label*: Se agrega para identificar flujos
- *Total Length*: Ahora especifica el tamaño de la carga
- *Identification, Flags, Fragment Offset*: Sus funciones se trasladan al encabezado extendido de fragmentación

Cambios en los encabezados

- *Time To Live*: Cambia a *Hop Limit*, que tiene más sentido
- *Protocol*: Ahora es *Next Header*
- *Header Checksum*: Se quita para mayor eficiencia
- *Source/Destination Address*: Ahora tienen 128 bits, en vez de 32
- *Options y Padding*: Quitados

Encabezado IPv4



Quitado Cambiado

Encabezado IPv6

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|               Payload Length               | Next Header | Hop Limit |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|
+
|
+               Source Address               +
|
+
|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|
+
|
+               Destination Address           +
|
+
|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

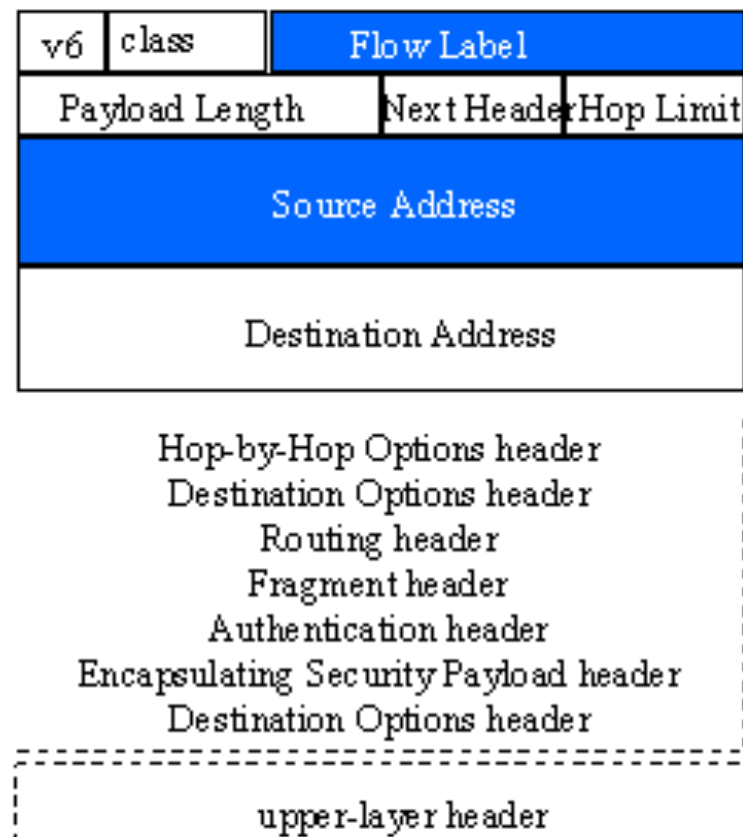
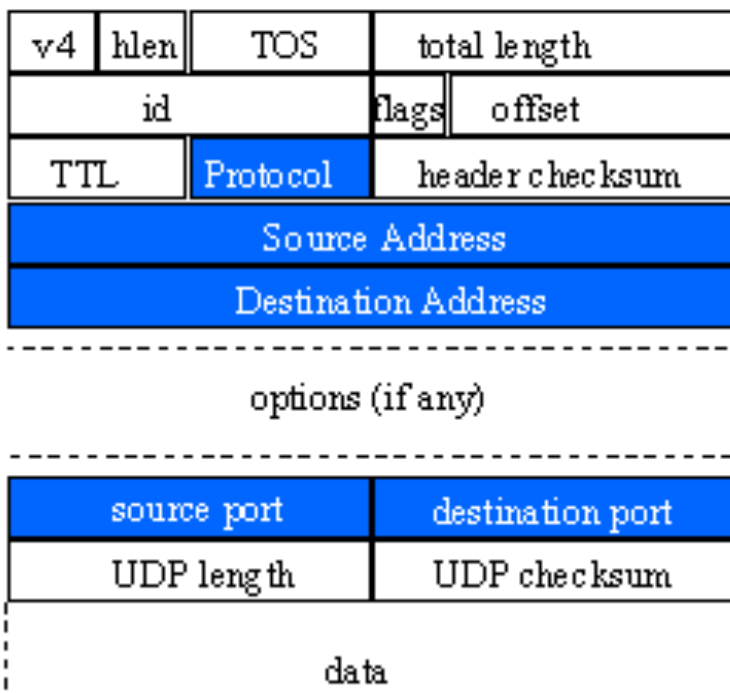


Nuevos campos del encabezado IPv6

- 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)

Nuevos campos del encabezado IPv6

Etiquetado de Flujo





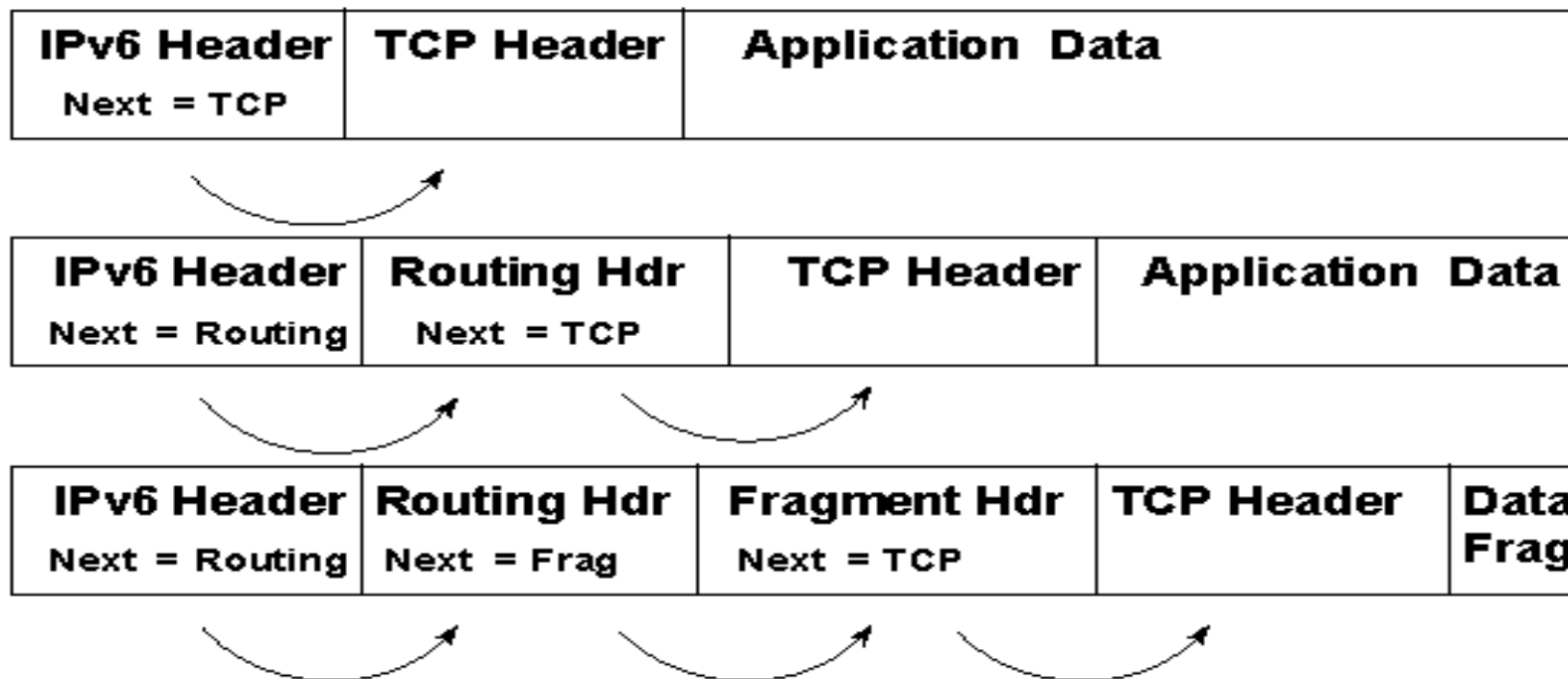
Nuevos campos del encabezado IPv6

Próximo Encabezado (Next Header)

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

Nuevos campos del encabezado IPv6

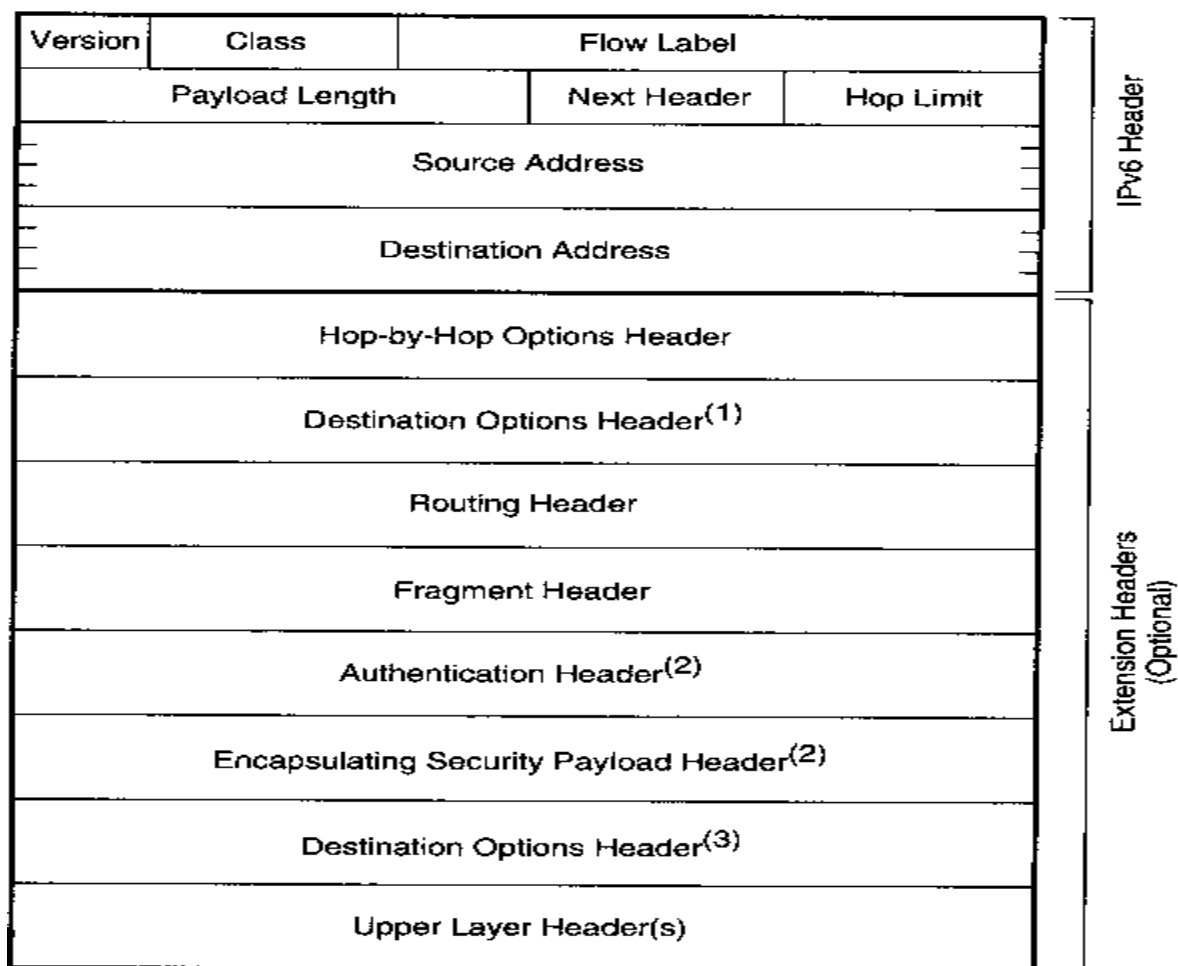
- Campo del Próximo Encabezado (Next-header Field)



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
 - Encapsulating 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)

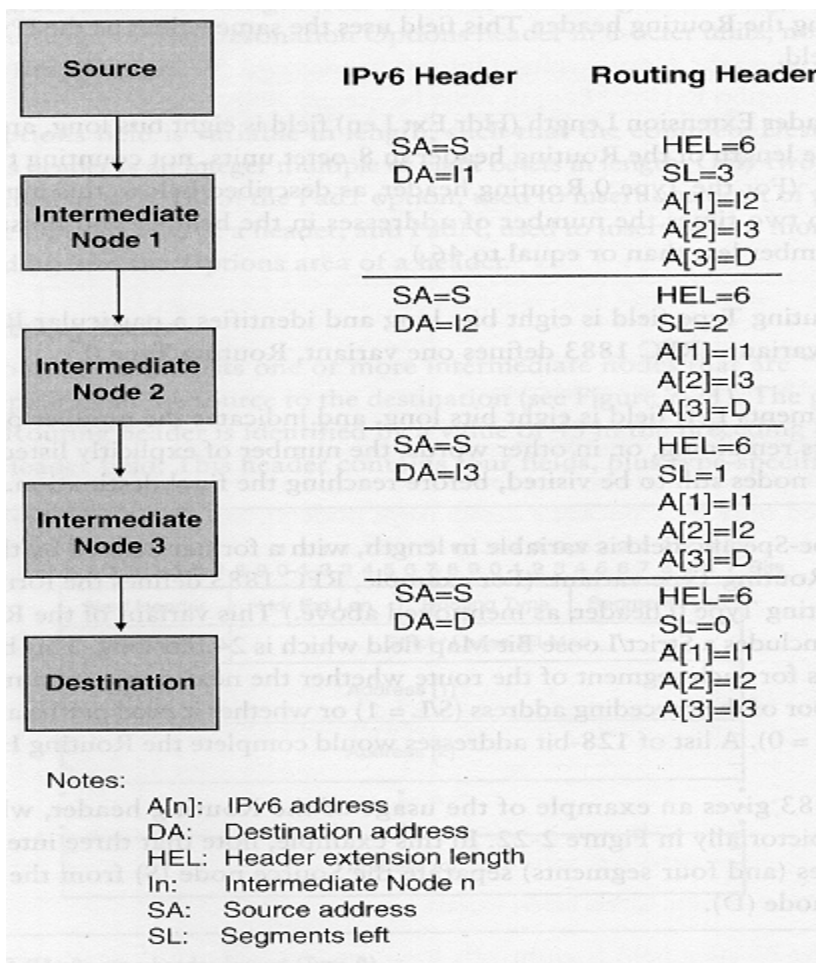
Encabezados de Opciones de Destino (Destination Options)

- Lleva información opcional que es examinada por el nodo destino del paquete (60)

Encabezados de Enrutamiento (Routing)

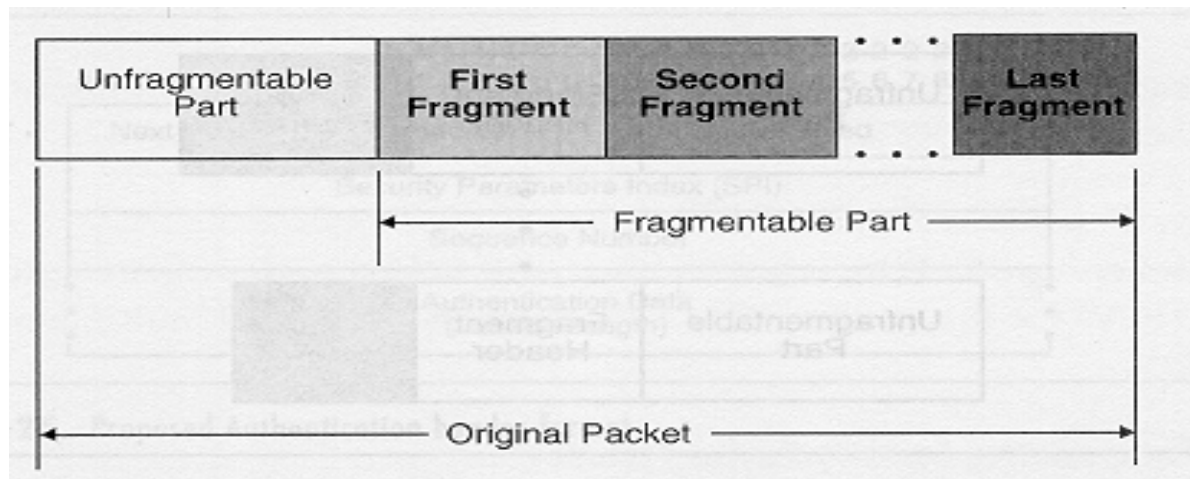
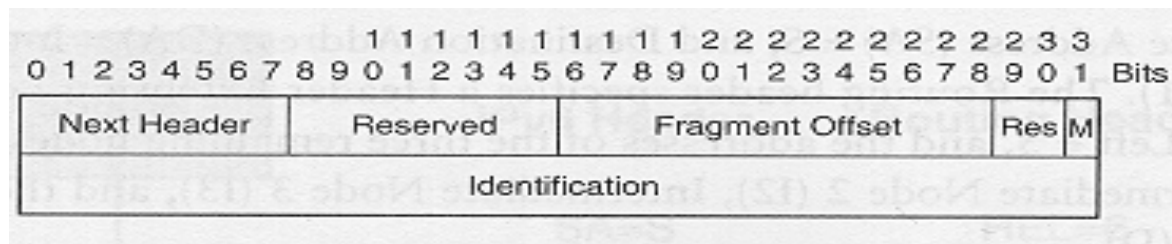
- Lista los nodos intermedios a ser “visitados” en el camino desde la fuente al destino (43)

Encabezado de Enrutamiento



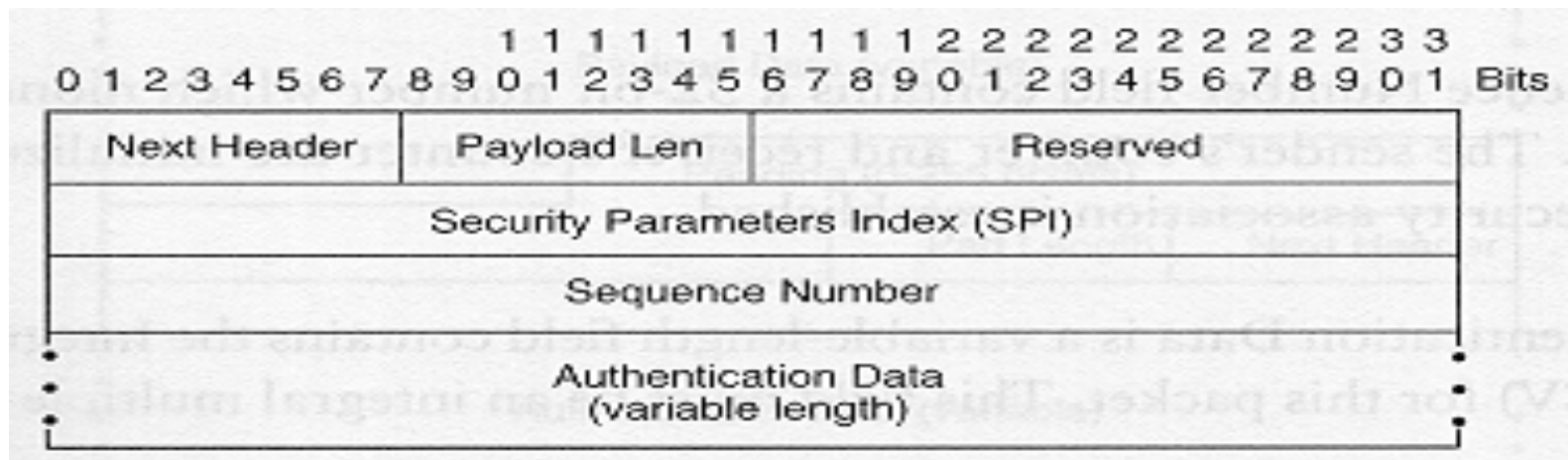
Encabezado de Fragmentación

Usado para enviar paquetes más grandes que el Path MTU



Encabezado de Autenticación

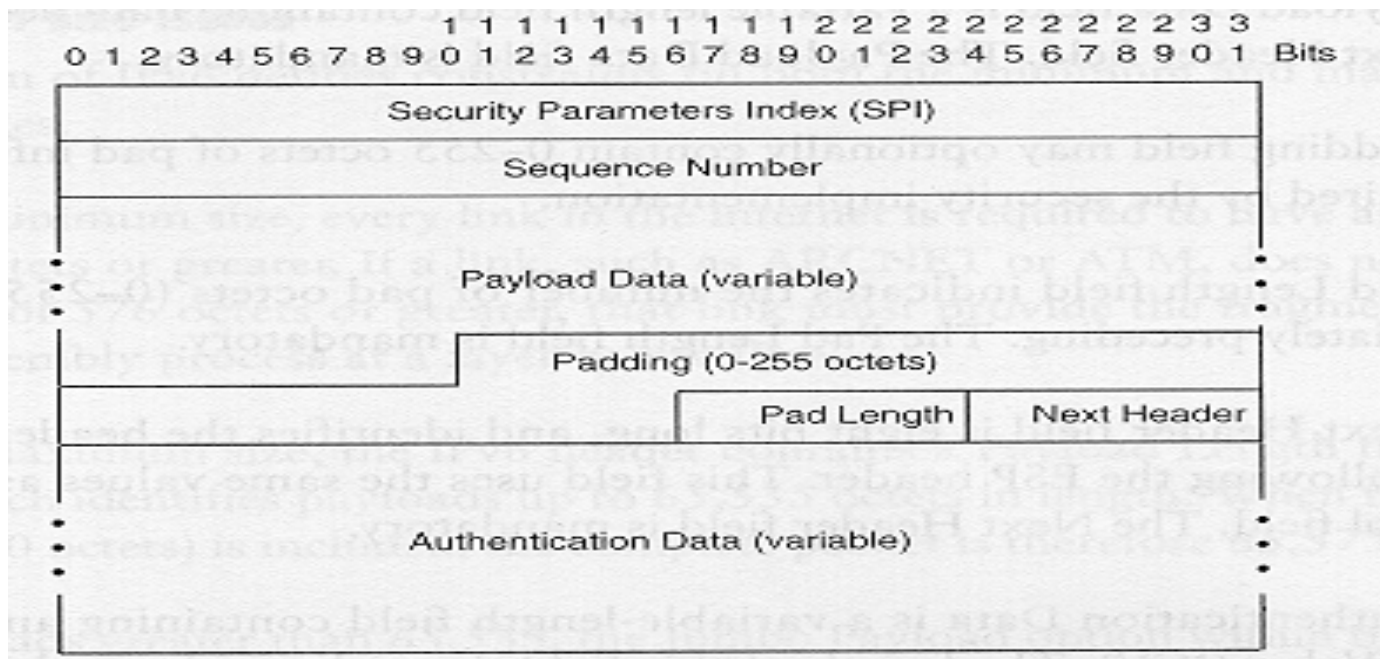
Provee autenticidad e integridad en los datagramas IP (51)



Carga de seguridad encapsulada (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 enrutamiento).

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

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

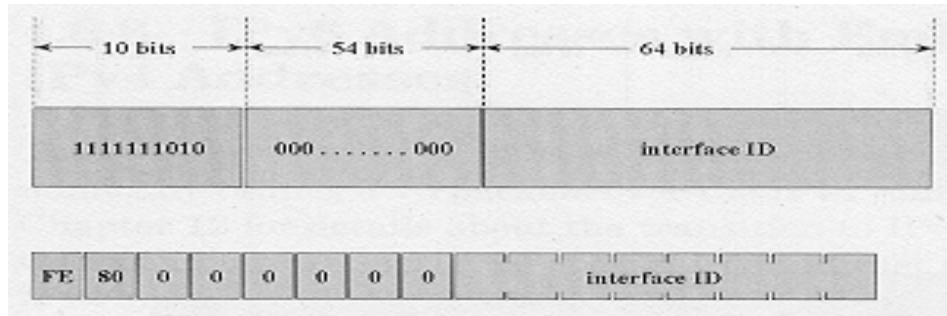
Los dos errores anteriores, combinados

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

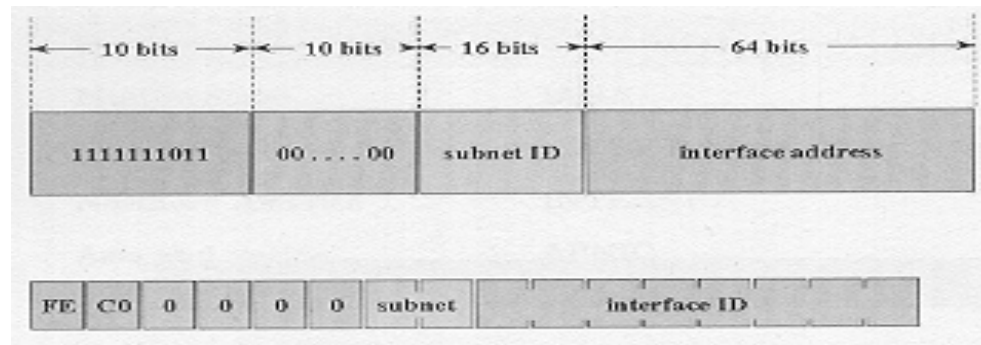
Direcciones de Enlace Local (Link local)

- 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=1111111011.
- 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

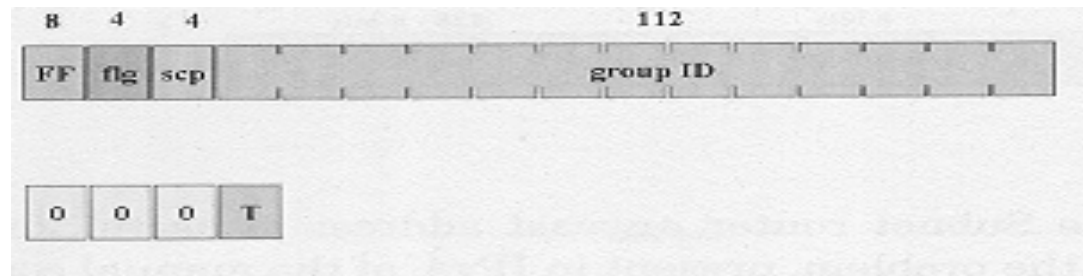


Dirección IPv6 con IPv4 Incluído

- 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

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

Asignaciones de bloques

- Los RIRs (Regional Internet Registries) tienen dos esquemas de asignación
 - Los proveedores de servicios obtienen un /32
 - Los no-proveedores obtienen un /48
- En ambos esquemas, el RIR reserva el bloque inmediatamente contiguo por si la demanda aumenta
- En latinoamérica, el RIR es LACNIC



Uso en la U. de Oregon

- 2001:468::/32 -> Internet2
 - 2001:468:0d00::/40 -> Oregon GigaPOP
 - 2001:468:0d01::/48 -> U. de Oregon



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

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 (stateless)
 - Los enrutadores deben enviar anuncios de enrutador 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 (stateful)
 - Se usa cuando se necesita otro mecanismo más controlado
 - Similar a las configuraciones de hoy en día en IPv4
 - DHCPv6 es la única opción hoy día



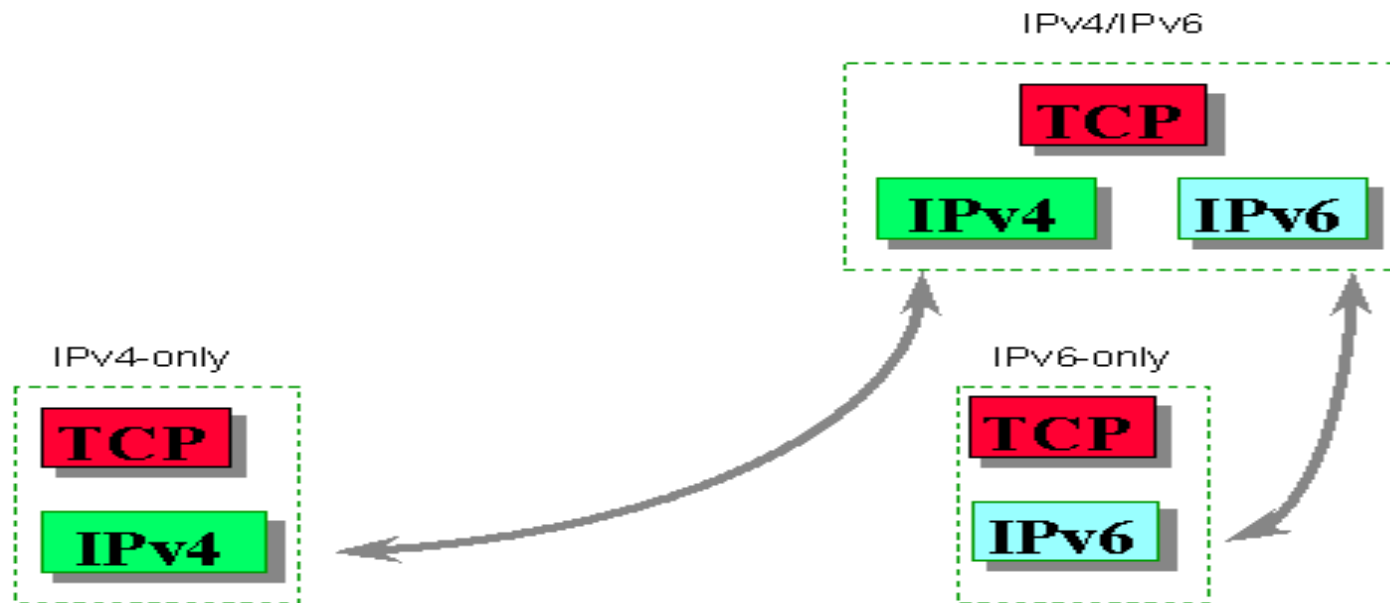
Doble pila (dual-stack) IPv6/IPv4

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

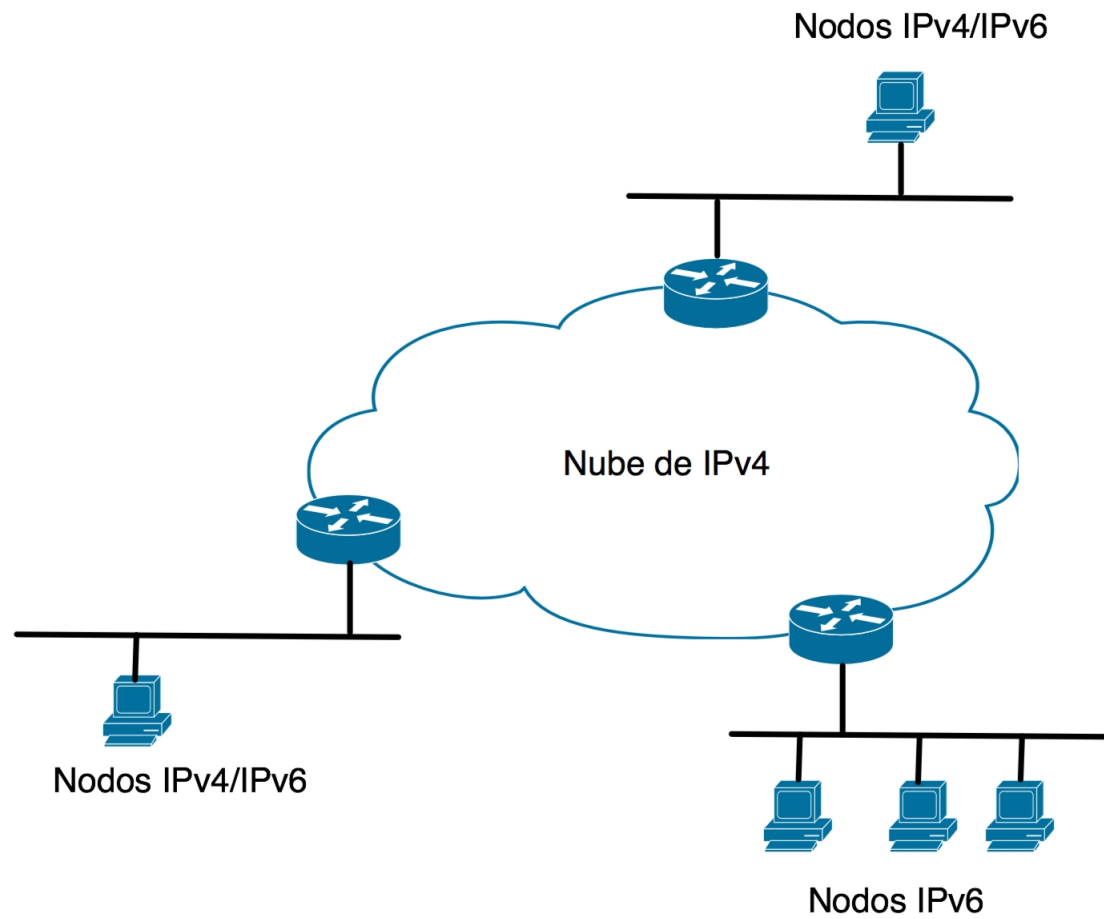
Terminología

- 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

Esquema de doble pila



Túneles



Multihoming

¿Qué pasa cuando tienes conexiones a más de un proveedor?

- Al principio se intentó forzar la jerarquía de bloques de direcciones IPv6 para reducir las tablas de enrutamiento
 - No funcionó
- Hoy día se sigue la misma estrategia que con IPv4: Espacio de direccionamiento independiente (PI space)

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

- Usa registros AAAA para la asignación de nombres a direcciones IPv6
- Se pueden asignar registros A y AAAA al mismo nombre
- También es posible asignar dominios diferentes para IPv6
 - Problema de islas de conectividad IPv6
- Resolución inversa utiliza delegaciones de *ip6.arpa*
 - Sustituye a *in-addr.arpa*

DHCPv6

- Disponible en ISC DHCPD a partir de la versión 4
- Algunas diferencias notables con DHCPv4
 - DHCP no asigna el enrutador por defecto
 - Se deja esta función a los enrutadores (RAs)
 - No existen mecanismos de balanceo de carga y *failover*
- Estatus de soporte en sistemas operativos
 - Soporte disponible en Linux y Windows (a partir de Vista)
 - Soporte no disponible (todavía) en Apple Macs

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>