

Introducción a IPv6

Curso práctico de encaminamiento IPv6

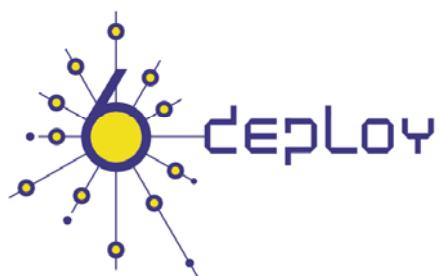
GOR 5

Bilbao, España

Mayo 2010

César Olvera, Consulintel

(cesar.olvera@consulintel.es)



¿Porque un Nuevo Protocolo de Internet?

Un único motivo lo impulso: Más direcciones!

- Para miles de millones de nuevos dispositivos, como teléfonos celulares, PDAs, dispositivos de consumo, coches, etc.
- Para miles de millones de nuevos usuarios, como China, India, etc.
- Para tecnologías de acceso “always-on” , como xDSL, cable, ethernet, etc.

Pero, ¿No es Verdad que aún Quedan Muchas Direcciones IPv4?

- ~ La mitad del espacio de direcciones IPv4 aún no ha sido utilizado
 - El tamaño de Internet se duplica cada año, ¿significa esto que sólo quedan unos pocos años?
- No, debido a que hoy negamos direcciones IPv4 públicas a la mayoría de los nuevos hosts
 - Empleamos mecanismos como NAT, PPP, etc. para compartir direcciones
- Pero nuevos tipos de aplicaciones y nuevos mecanismos de acceso, requieren direcciones únicas

¿Porqué NAT no es Adecuado?

- No funciona con gran número de “servidores”, es decir, dispositivos que son “llamados” por otros (ejemplo, Teléfonos IP)
- Inhiben el desarrollo de nuevos servicios y aplicaciones
- Comprometen las prestaciones, robustez, seguridad y manejabilidad de Internet

Ventajas Adicionales con el Tamaño Mayor de las Direcciones

- Facilidad para la auto-configuración
- Facilidad para la gestión/delegación de las direcciones
- Espacio para más niveles de jerarquía y para la agregación de rutas
- Habilidad para las comunicaciones extremo-a-extremo con IPsec (porque no necesitamos NATs)

Ventajas Adicionales con el Nuevo Despliegue

- Oportunidad para eliminar parte de la complejidad, ejemplo en la cabecera IP
- Oportunidad para actualizar la funcionalidad, ejemplos como multicast, QoS, movilidad

Resumen de las Principales Ventajas de IPv6

- Capacidades expandidas de direccionamiento
- Autoconfiguración y reconfiguración “sin servidor” (“plug-n-play”)
- Mecanismos de movilidad más eficientes y robustos
- Incorporación de encriptado y autenticación en la capa IP
- Formato de la cabecera simplificado e identificación de flujos
- Soporte mejorado de opciones/extensiones

¿Porqué 128 Bits para el Tamaño de las Direcciones?

- Había quienes deseaban direcciones de 64-bits, de longitud fija
 - suficientes para 10^{12} sitios, 10^{15} nodos, con una eficacia del .0001 (3 órdenes de magnitud más que los requisitos de IPng)
 - minimiza el crecimiento del tamaño de la cabecera por cada paquete
 - eficaz para el procesado por software
- Había quienes deseaban hasta 160 bits y longitud variable
 - compatible con los planes de direccionamiento OSI NSAP
 - suficientemente grandes para la autoconfiguración utilizando direcciones IEEE 802
 - se podía empezar con direcciones mas pequeñas que 64 bits y crecer posteriormente
- La decisión final fue un tamaño de 128-bits y longitud fija
 - ¡nada menos que **340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456!**

¿Que pasó con IPv5?

0–3	no asignados
4	IPv4 (versión más extendida hoy de IP)
5	ST (Stream Protocol, no un nuevo IP)
6	IPv6 (initialmente denominados SIP, SIPP)
7	CATNIP (initialmente IPv7, TP/IX; caducados)
8	PIP (caducado)
9	TUBA(caducado)
10–15	no asignados



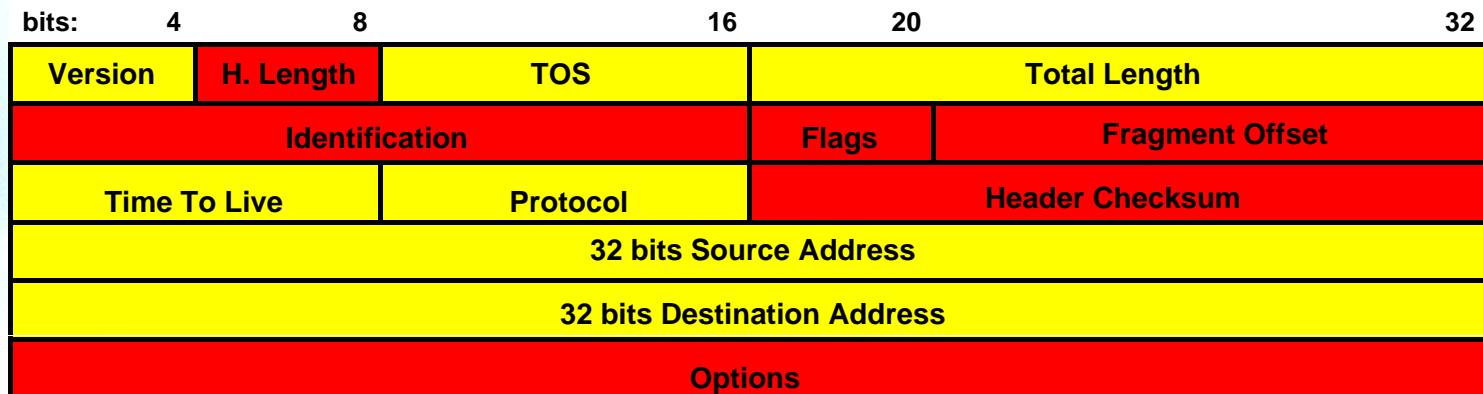
Formato de la Cabecera

RFC2460

- Especificación básica del Protocolo de Internet versión 6
- Cambios de IPv4 a IPv6:
 - Capacidades expandidas de direccionamiento
 - Simplificación del formato de la cabecera
 - Soporte mejorado de extensiones y opciones
 - Capacidad de etiquetado de flujos
 - Capacidades de autenticación y encriptación

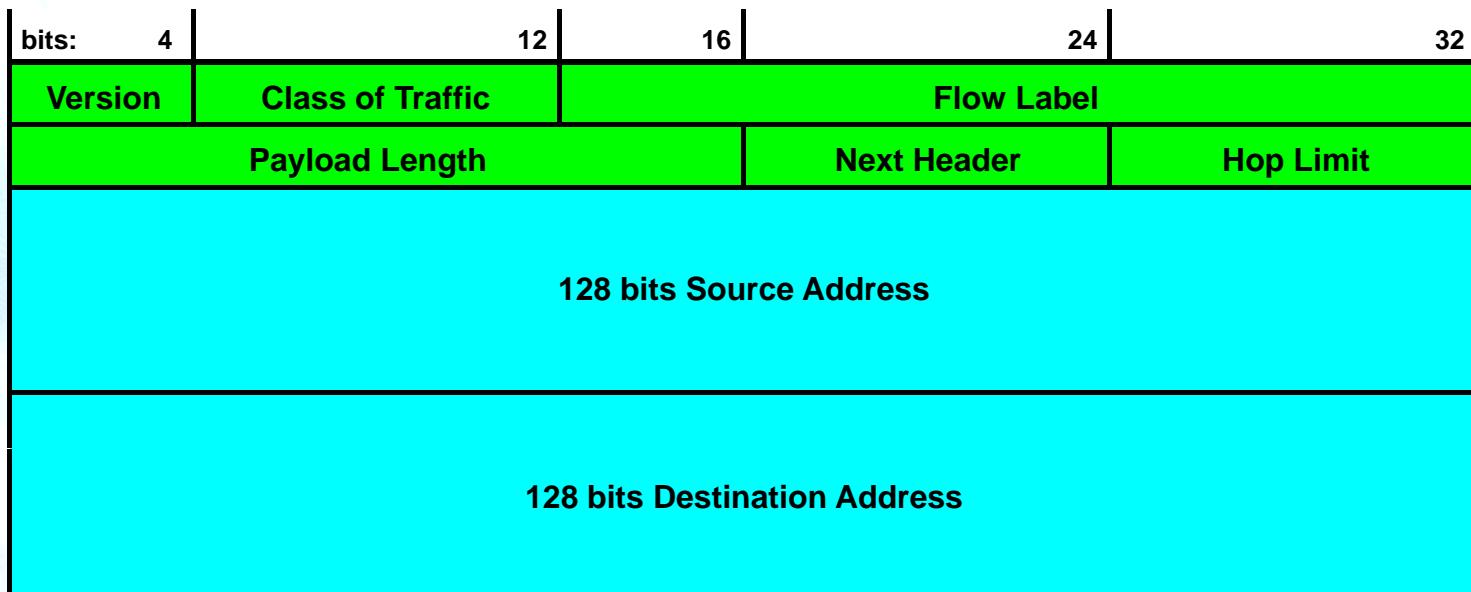
Formato de la Cabecera IPv4

- 20 Bytes + Opciones



Formato de la Cabecera IPv6

- De 12 a 8 campos (40 bytes)



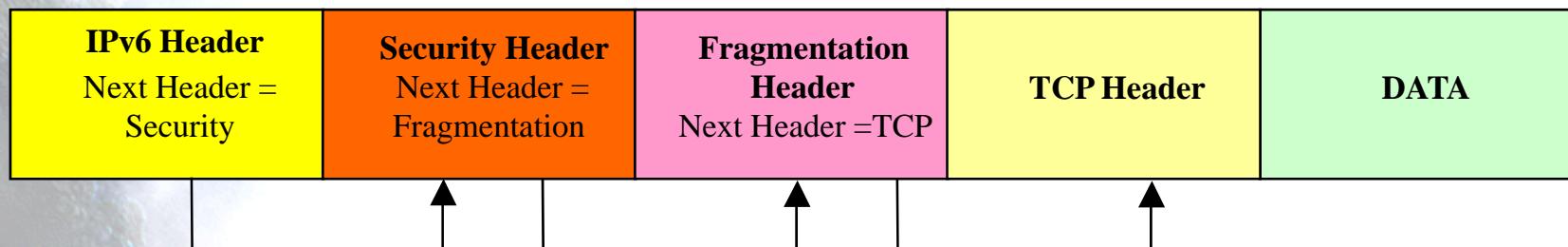
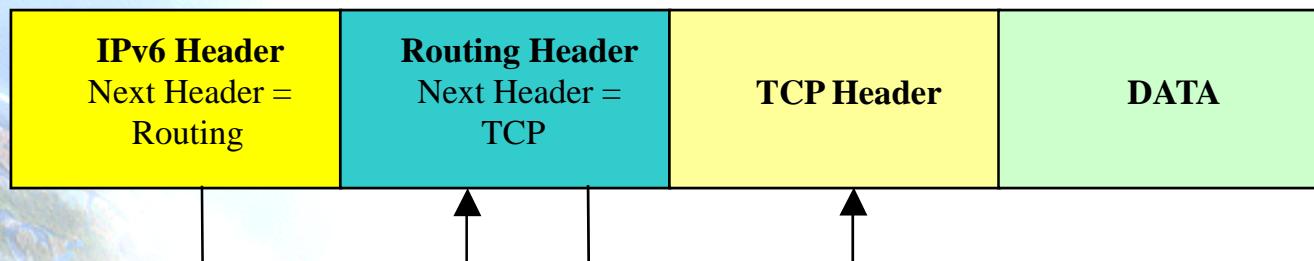
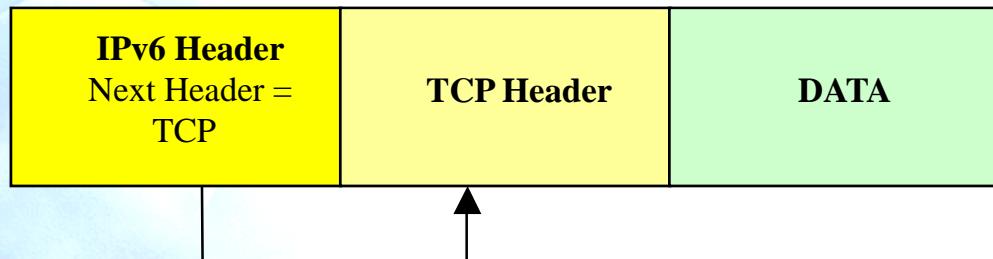
- Evitamos la redundancia del checksum
- Fragmentación extremo-a-extremo

Resumen de los Cambios de la Cabecera

- 40 bytes
- Direcciones incrementadas de 32 a 128 bits
- Campos de fragmentación y opciones retirados de la cabecera básica
- Retirado el checksum de la cabecera
- Longitud de la cabecera es sólo la de los datos (dado que la cabecera tiene una longitud fija)
- Nuevo campo de Etiqueta de Flujo
- TOS -> Traffic Class
- Protocol -> Next Header (cabeceras de extensión)
- Time To Live -> Hop Limit
- Alineación ajustada a 64 bits

Cabeceras de Extensión

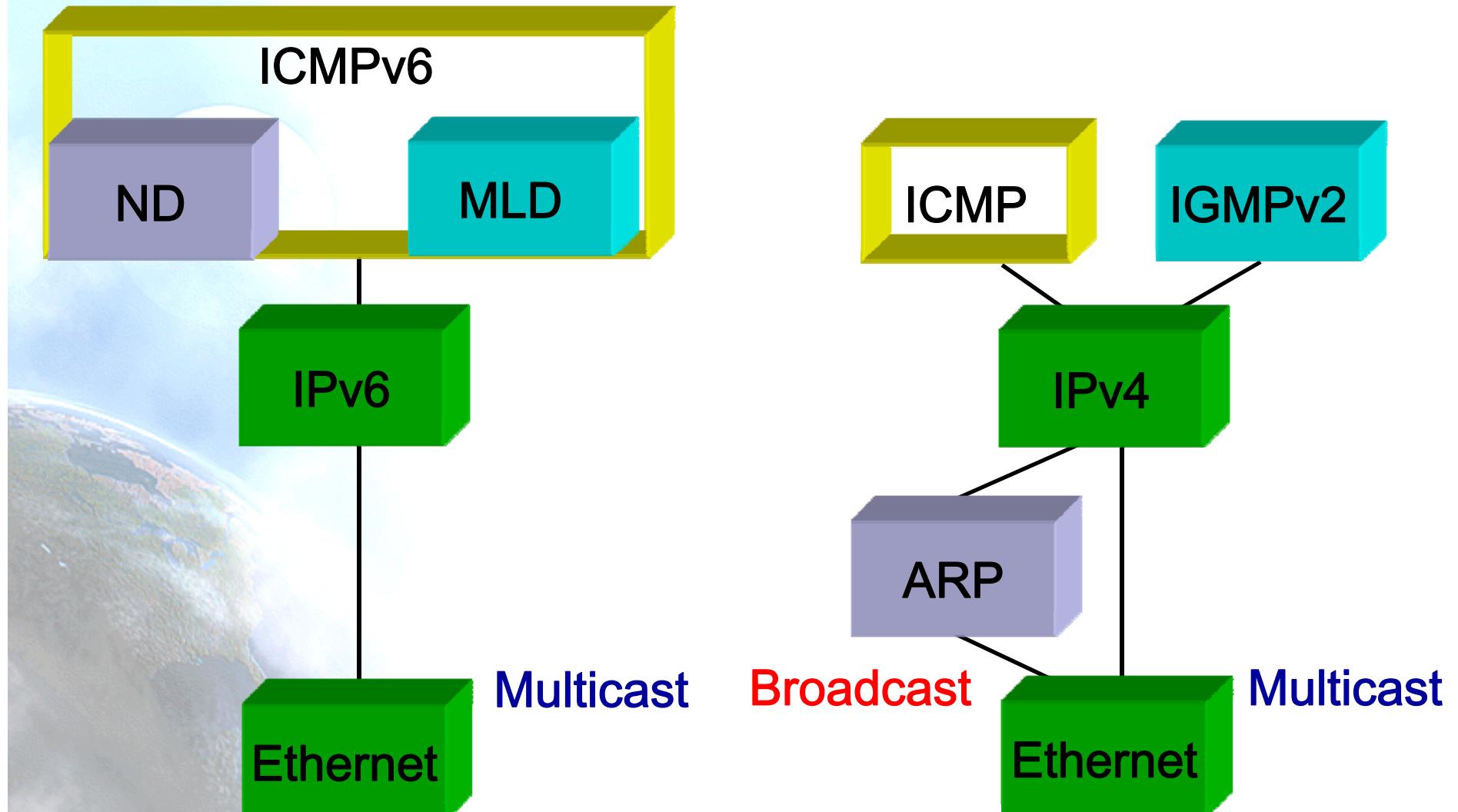
- Campo “Next Header”



Ventajas de las Cabeceras de Extensión

- Procesadas sólo por los nodos destino
 - Excepción: Hop-by-Hop Options Header
- Sin limitaciones de “40 bytes” en opciones (IPv4)
- Cabeceras de extensión definidas hasta el momento:
 - Hop-by-Hop Options (0)
 - Destination Options (60) / Routing (43)
 - Fragment (44)
 - Authentication (RFC4302, next header = 51)
 - Encapsulating Security Payload (RFC4303, next header = 50)
 - Destination Options (60)
 - Mobility Header (135)
 - No next header (59)
 - TCP (6), UDP (17), ICMPv6 (58)

Plano de Control IPv4 vs. IPv6



ICMPv6 y ND

ICMPv6 (RFC4443)

- IPv6 emplea el Internet Control Message Protocol (ICMP) como se define en IPv4 (RFC792)
- Aunque se introducen algunos cambios para IPv6: ICMPv6
- Valor Next Header = 58
- Se emplea ICMPv6 en los nodos IPv6 para
 - Reportar errores encontrados durante el procesamiento de los paquetes
 - Realizar otras funciones de la capa de Red, tales como diagnósticos (ICMPv6 "ping")
- ICMPv6 es una parte integral de IPv6 y DEBE ser completamente implementado por cada nodo IPv6.

ND (RFC4861)

- Define el protocolo Neighbor Discovery (ND) (Descubrimiento de Vecinos) en IPv6
- Los nodos usan ND para determinar la dirección de la capa de enlace de los nodos que se sabe que están en el mismo segmento de red y para purgar rápidamente los valores almacenados inválidos
- Los hosts también usan ND para encontrar encaminadores vecinos que retransmitirán los paquetes que se les envíen
- Los nodos usan el protocolo para tener conocimiento de los vecinos que son alcanzables y los que no y para detectar cambios de sus direcciones en la capa de enlace
- ND habilita el mecanismo de autoconfiguración en IPv6

Nuevos Tipos de Paquetes ICMP

- ND define 5 tipos de paquetes:
 - “Router Solicitation” (RS)
 - “Router Advertisement” (RA)
 - “Neighbor Solicitation” (NS)
 - “Neighbor Advertisement” (NA)
 - “Redirect”

Multicast Listener Discovery

- MLD (RFC2710) y MLDv2 (RFC3810) permite que cada encaminador IPv6 aprenda en sus todas sus interfaces que nodos escuchan en grupos multicast específicos
- Esta es una función obligatoria en los nodos IPv6
- Define 3 tipos de mensajes ICMPv6
 - “Query” enviadas periódicamente por los encaminadores
 - “Report” enviados por los nodos en respuesta a las peticiones de los encaminadores o cuando los nodos quieren unirse a un grupo multicast. Llevan información acerca de los grupos multicast que el nodo está interesado en recibir
 - “Done” para indicar que el nodo está interesado en abandonar un grupo multicast

Direccionamiento

Representación Textual de las Direcciones

Formato “preferido”: 2001:DB8:FF:0:8:7:200C:417A

Formato comprimido: FF01:0:0:0:0:0:0:43

se comprime como: FF01::43

IPv4-mapped:
0:0:0:0:FFFF:13.1.68.3
o ::FFFF:13.1.68.3

URL: [http://\[FF01::43\]:80/index.html](http://[FF01::43]:80/index.html)

Tipos de Direcciones

- Unicast (uno-a-uno)
 - Globales
 - Enlace-local
 - Local-de-sitio **(desaconsejado)**
 - Locales Únicas (ULA)
 - Compatible-IPv4 **(desaconsejado)**
 - IPv4-mapped
- Multicast (uno-a-muchas)
- Anycast (uno-a-la-mas-cercana)
- Reservado

Prefijos de los Tipos de Direcciones

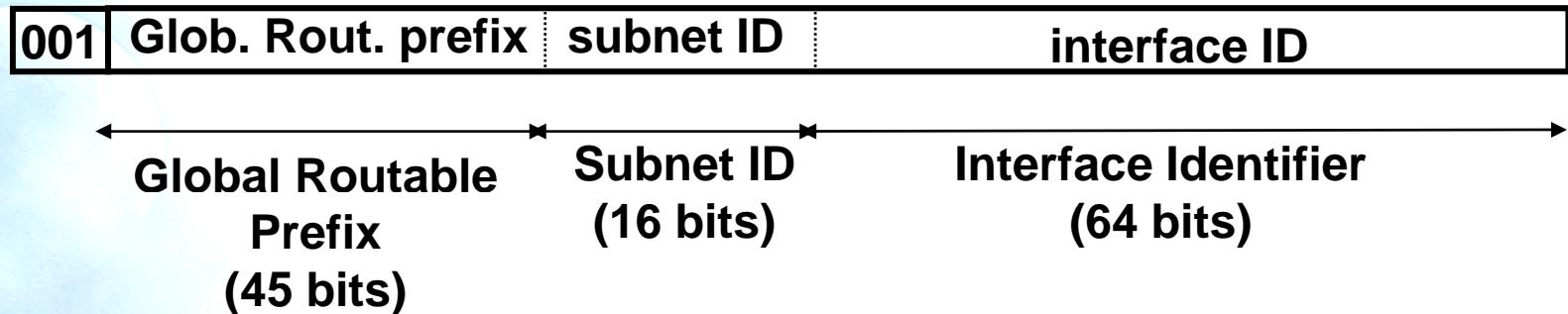
Tipo de Dirección	Prefijo en Binario	Notación IPv6
Unspecified	00...0 (128 bits)	::/128
Loopback	00...1 (128 bits)	::1/128
Multicast	1111 1111	FF00::/8
Link-Local Unicast	1111 1110 10	FE80::/10
ULA	1111 1110	FC00::/7
Global Unicast	001	2000::/3
IPv4-mapped	00...0:1111 1111:IPv4	::FFFF:IPv4/128
Site-Local Unicast (desaconsejado)	1111 1110 11	FEF0::/10
IPv4-compatible (desaconsejado)	00...0 (96 bits)	::/96

- Las direcciones Anycast utilizan el mismo prefijo que las Unicast

Global Unicast Prefixes

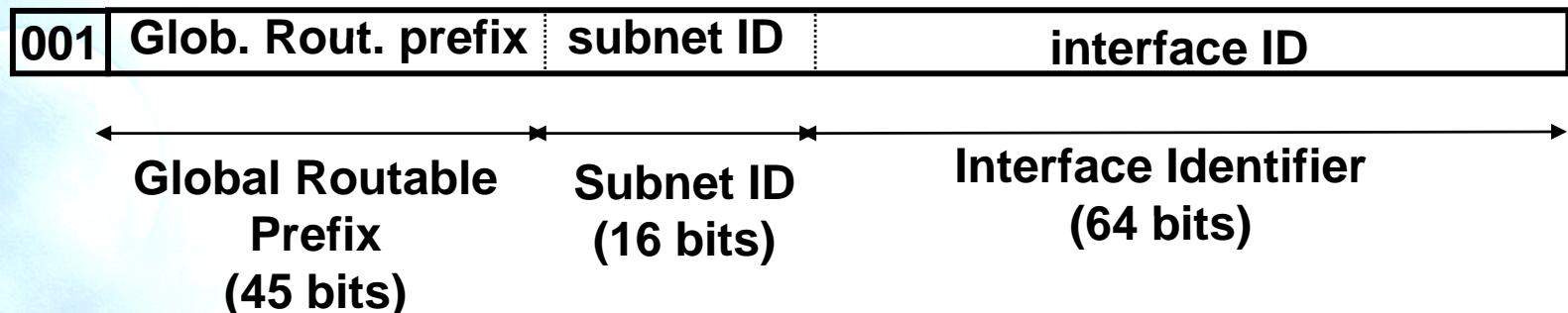
- **2000::/3** es utilizado para Global Unicast, todos los demás prefijos están reservados (aproximadamente 7/8 del total)
 - Las direcciones de producción IPv6 actualmente son de los prefijos 2001, 2003, 2400, 2800, etc.
 - 2001:0000::/32 Prefijo Teredo
 - 2002::/16 Prefijo 6to4
 - 2001:0DB8::/32 Prefijo Documentación (RFC3849)

Direcciones Globales Unicast (RFC3587)



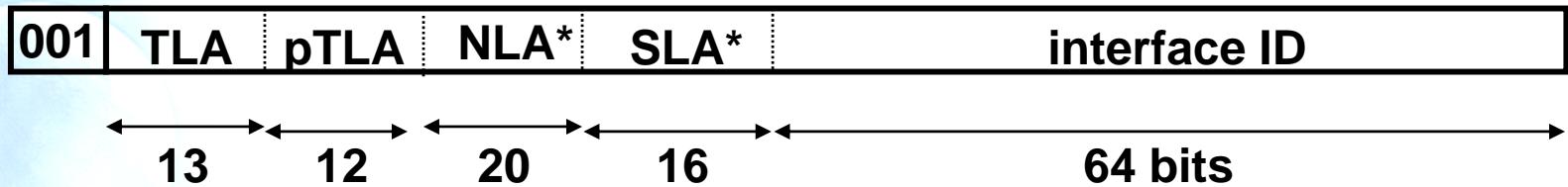
- El prefijo global de routing es un valor asignado a una zona (sitio, conjunto de subredes/enlaces)
 - Ha sido diseñado para ser una estructura jerárquica desde una perspectiva de Routing Global
- El Identificador de subred, identifica una subred dentro de un sitio
 - Ha sido diseñado para ser una estructura jerárquica desde una perspectiva del administrador del sitio
- El Identificador de Interfaz se construye siguiendo el formato EUI-64

Direcciones Globales Unicast Addresses para Servicios de Producción



- Los LIRs reciben por defecto /32 de los RIRs
 - Las direcciones de producción actualmente son de los prefijos 2001, 2003, 2400, 2800, etc.
 - Se puede pedir más si se justifica
- /48 utilizado sólo dentro de la red del LIR, con algunas excepciones para infraestructuras críticas
- /48 a /128 es delegado a usuarios finales
 - Recomendaciones siguiendo el RFC3177 y las políticas vigentes
 - /48 en el caso general, /47 si esta justificado para redes más grandes
 - /64 sólo si una y sólo una red es requerida
 - /128 si y sólo si se esta seguro de que sólo un único dispositivo va a ser desconectado

Direcciones Global Unicast para el 6Bone (hasta 6/6/6)

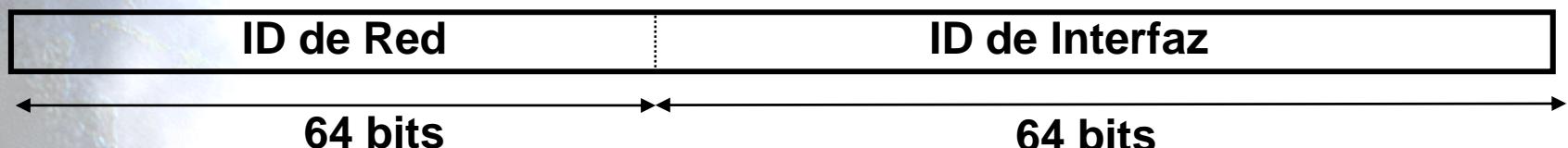


- 6Bone: Red IPv6 experimental utilizada sólo para pruebas
- TLA 1FFE (hex) asignado al 6Bone
 - por tanto, las direcciones de 6Bone comienzan con 3FFE:
 - (binario 001 + 1 1111 1111 1110)
- Los 12 bits siguientes numeran un “pseudo-TLA” (pTLA)
 - por tanto, cada pseudo-ISP de 6Bone obtiene un prefijo /28
- NO debe de ser utilizado para servicios de producción con IPv6

Identificadores de Interfaz

Los 64-bits de menor peso de las direcciones Unicast pueden ser asignados mediante diversos métodos:

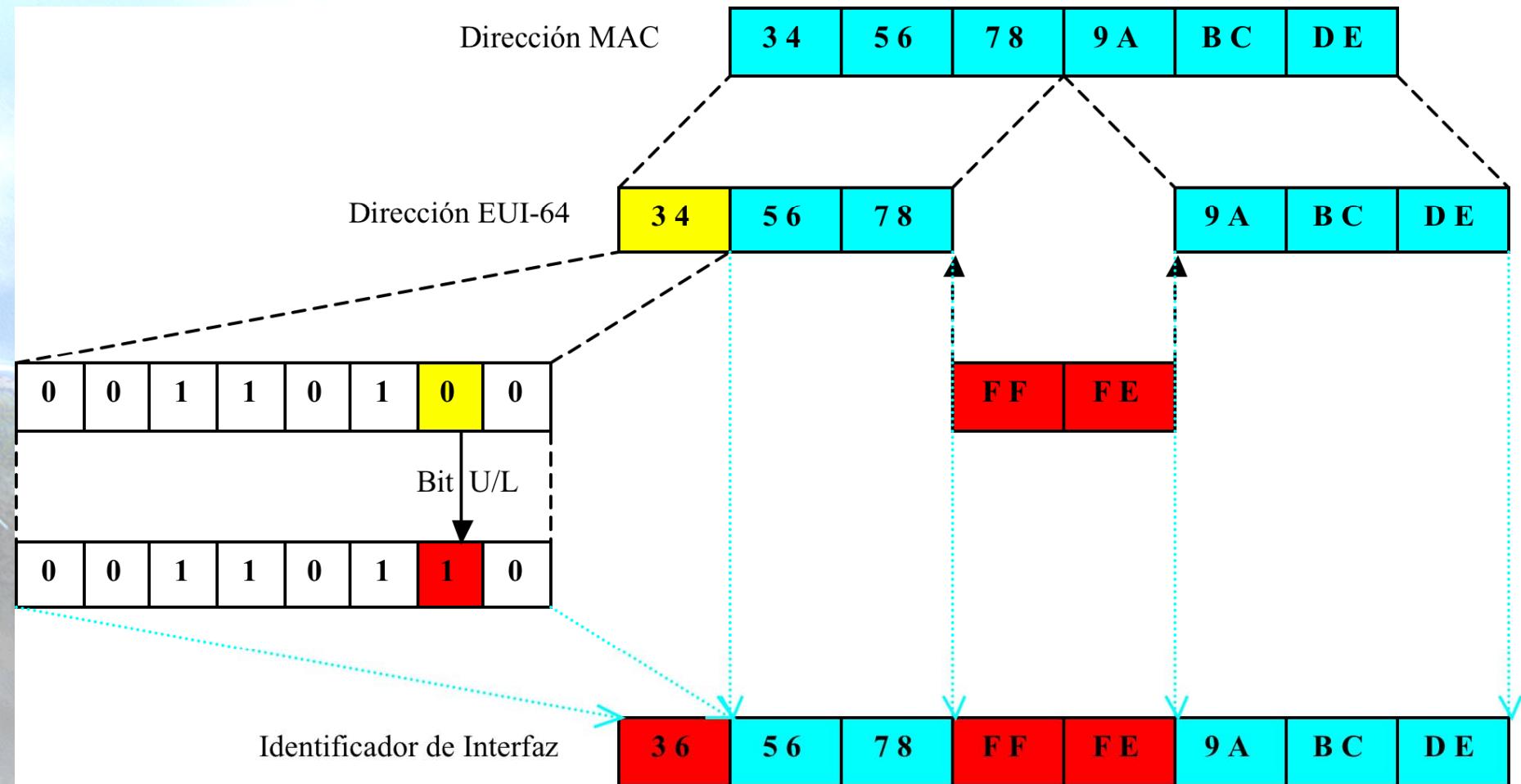
- auto-configuradas a partir de una dirección MAC de 48-bit (ejemplo, direcciones Ethernet), y expandida aun EUI-64 de 64-bits
- asignadas mediante DHCP
- configuradas manualmente
- auto-generadas pseudo-aleatoriamente (protección de la privacidad)
- posibilidad de otros métodos en el futuro



IPv6 en Ethernet

48 bits	48 bits	16 bits	
Ethernet Destination Address	Ethernet Source Address	1000011011011101 (86DD)	IPv6 Header and Data

EUI-64



Algunas Direcciones Unicast Especiales

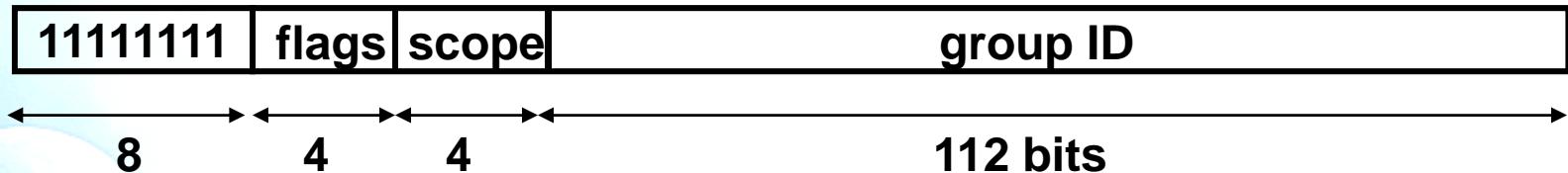
- Dirección no especificada, utilizada temporalmente cuando no se ha asignado una dirección:

0:0:0:0:0:0:0:0

- Dirección de loopback, para el “auto-envío” de paquetes:

0:0:0:0:0:0:0:1

Direcciones Multicast



- Flags: **0RPT**: El flag de más peso está reservado y debe inicializarse a 0
 - T=1 Transitorio T=0 Well-known -> RFC4291
 - P =1 (Debe ser T=1) dirección asignada basada en el prefijo de red, P=0 no asignada -> RFC3306
 - R =1 (Debe ser T=1) Dirección del Rendezvous Point incluida en la dirección multicast -> RFC3956
 - Scope:
 - 1 - Interface-Local
 - 2 - link-local
 - 4 - admin-local
 - 5 - site-local
 - 8 - organization-local
 - E – global
- (3,F reservados)(6,7,9,A,B,C,D sin asignar)

Encaminado IPv6

Encaminado IPv6

- Mismo mecanismo CIDR “longest-prefix match” que actualmente se usa en IPv4
- Cambios mínimos respecto de los protocolos existentes para encaminado en IPv4 (gestión de direcciones mayores)
 - unicast: OSPF, RIP-II, IS-IS, BGP4+, ...
 - multicast: MOSPF, PIM, ...
- Se puede utilizar la cabecera de routing con direcciones unicast para encaminar paquetes a través de regiones concretas
 - Por ejemplo, para la selección de proveedores, políticas, prestaciones, etc.

Encaminado IPv6

	Gateway Interior				Gateway Exterior
	Vector de Distancia		Estado de Enlace		Vector de Ruta
	Con Clase	RIP	IGRP		EGP
Sin Clase	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS	BGP4
IPv6	RIPng	EIGRP para IPv6	OSPF para IPv6 OSPFv3	IS-IS para IPv6	BGP4 para IPv6 BGP4+



Transición y Coexistencia IPv4-IPv6

Técnicas de Transición / Coexistencia

Un amplio abanico de técnicas han sido identificadas e implementadas, básicamente dentro de tres categorías:

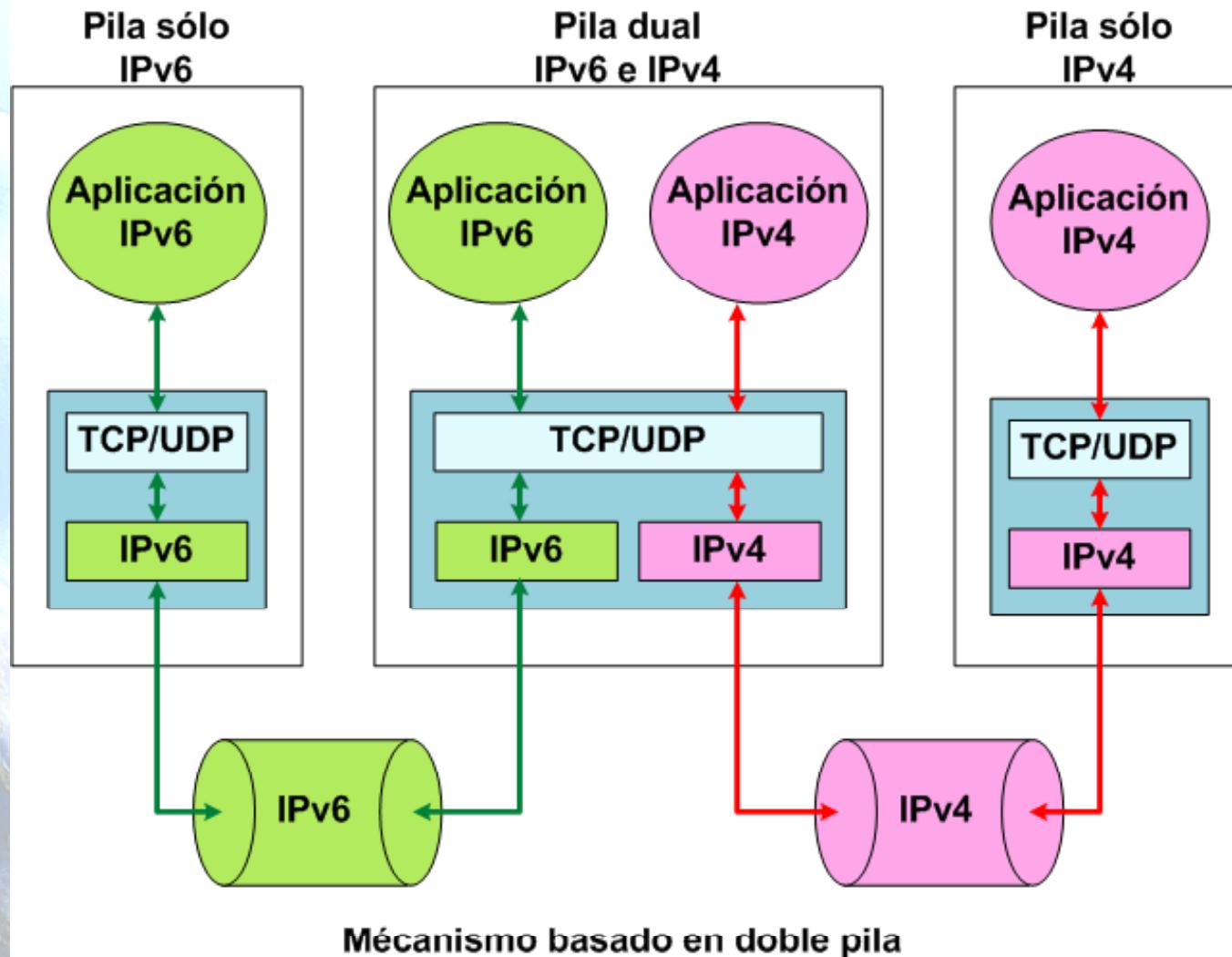
- (1) doble-pila, para permitir la coexistencia de IPv4 e IPv6 en el mismo dispositivo y redes
- (2) técnicas de túneles, para evitar dependencias cuando se actualizan hosts, routers o regiones
- (3) técnicas de traducción, para permitir la comunicación entre dispositivos que son sólo IPv6 y aquellos que son sólo IPv4

Todos estos mecanismos suelen ser utilizados, incluso en combinación

Doble-Pila

- Al añadir IPv6 a un sistema, no se elimina la pila IPv4
 - Es la misma aproximación multi-protocolo que ha sido utilizada anteriormente y por tanto es bien conocida (AppleTalk, IPX, etc.)
 - Actualmente, IPv6 está incluido en todos los Sistemas Operativos modernos, lo que evita costes adicionales
- Las aplicaciones (o librerías) escogen la versión de IP a utilizar
 - En función de la respuesta DNS:
 - si el destino tiene un registro AAAA, utilizan IPv6, en caso contrario IPv4
 - La respuesta depende del paquete que inició la transferencia
- Esto permite la coexistencia indefinida de IPv4 e IPv6, y la actualización gradual a IPv6, aplicación por aplicación
- El registro A6 es experimental

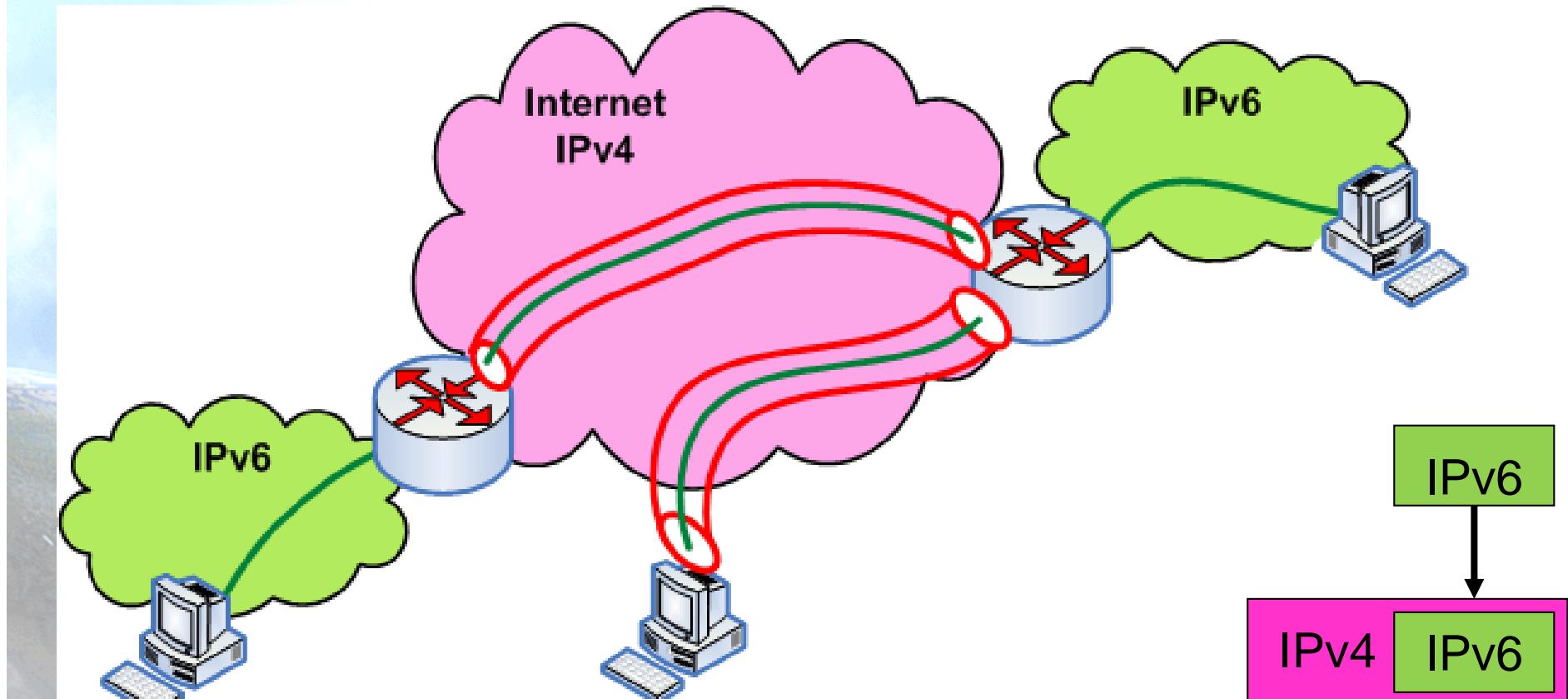
Doble-Pila



Túneles para Atravesar Routers que no Reenvían IPv6

- Encapsulamos paquetes IPv6 en paquetes IPv4 (o en tramas MPLS)
- Muchos métodos para establecer dichos túneles
 - configuración manual
 - “tunnel brokers” (tipicamente con interfaces web)
 - “6-over-4” (intra-domain, usando IPv4 multicast como LAN virtual)
 - “6-to-4” (inter-domain, usando la dirección IPv4 como el prefijo del sitio IPv6)
- Puede ser visto como
 - IPv6 utilizando IPv4 como capa de enlace virtual link-layer,
 - una VPN IPv6 sobre la Internet IPv4

Túneles IPv6

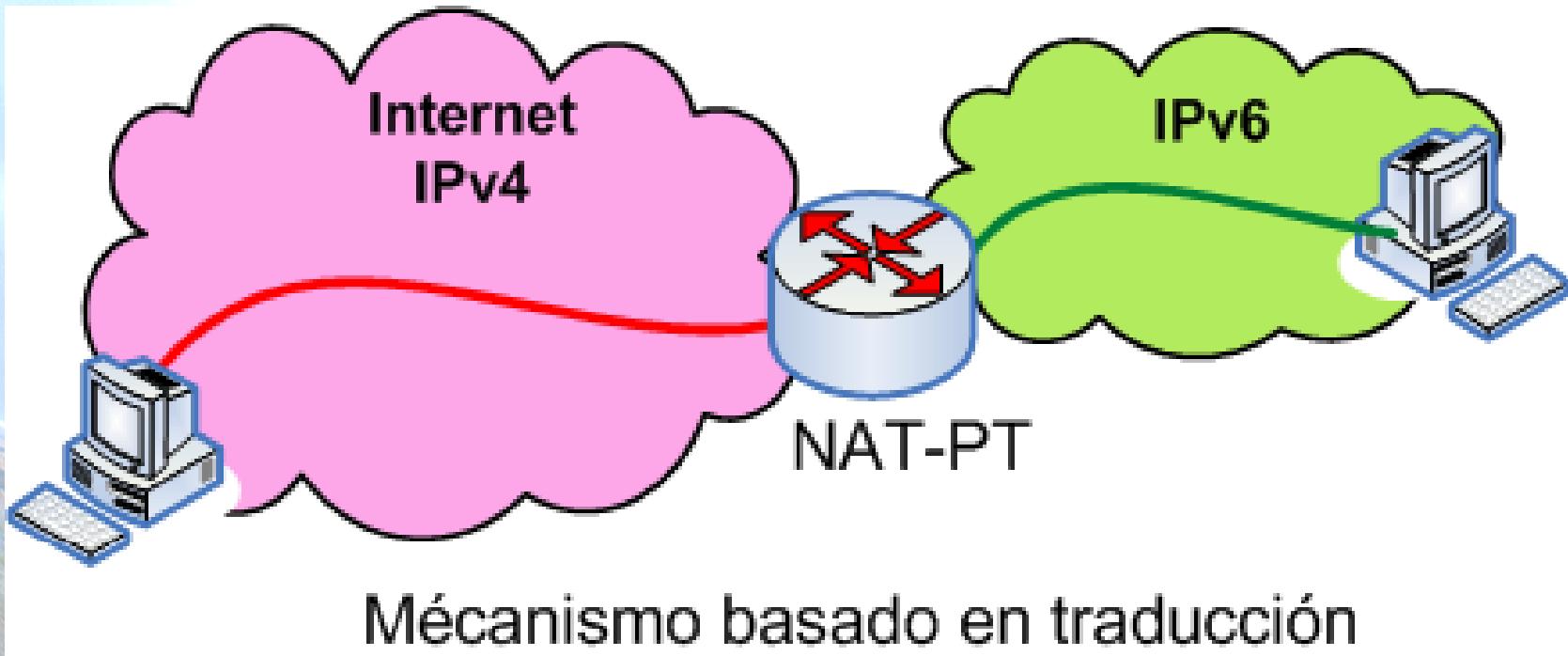


Mécanismo basado en túneles 6in4

Traducción

- Se puede utilizar traducción de protocolos IPv6-IPv4 para:
 - nuevos tipos de dispositivos Internet (como teléfonos celulares, coches, dispositivos de consumo)
- Es una extensión a las técnicas de NAT, convirtiendo no sólo direcciones sino también la cabecera
 - Los nodos IPv6 detrás de un traductor obtienen la funcionalidad de IPv6 sólo cuando hablan con otro nodo IPv6
 - Obtienen la funcionalidad habitual IPv4 con NAT en el resto de los casos

Traducción



- NAT-PT está desaconsejado -> RFC 4966
- Se están desarrollando otras opciones

Gracias !

Contacto:

- César Olvera Morales (Consulintel): cesar.olvera@consulintel.es

The IPv6 Portal:

- <http://www.ipv6tf.org>

