
Introducción al Protocolo IPv6

David Fernández Cambronero

(david@dit.upm.es)

**Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos
ETSIT-UPM**



Contenido

- Motivación y Orígenes de IPv6
- Características Generales
- Formato de un Paquete
- Direccionamiento y Encaminamiento
- Estado Actual de IPv6

Orígenes de IPv6

- ◆ A principios de los noventa, Internet evoluciona debido a múltiples factores:
 - **CRECIMIENTO**
 - Usuarios comerciales
 - Nuevos tipos de tráfico (multimedia)
 - Redes de Banda Ancha...
- ◆ Problemas más acuciantes:
 - Escasez de direcciones
 - Explosión del tamaño tablas encaminamiento
 - Organización: interconexión de SAs

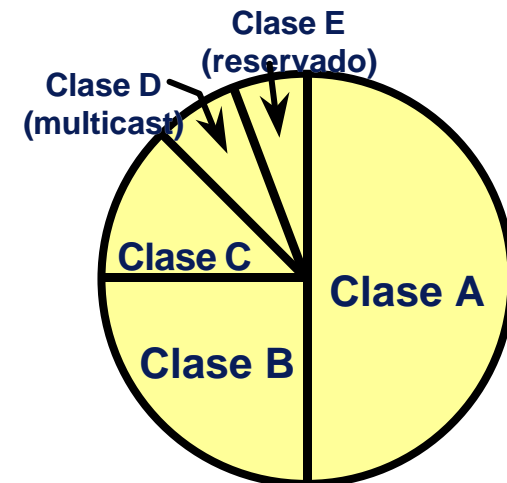
Direccionamiento en Internet

- ◆ Direcciones de 32 bits (más de 4.000 millones en total)

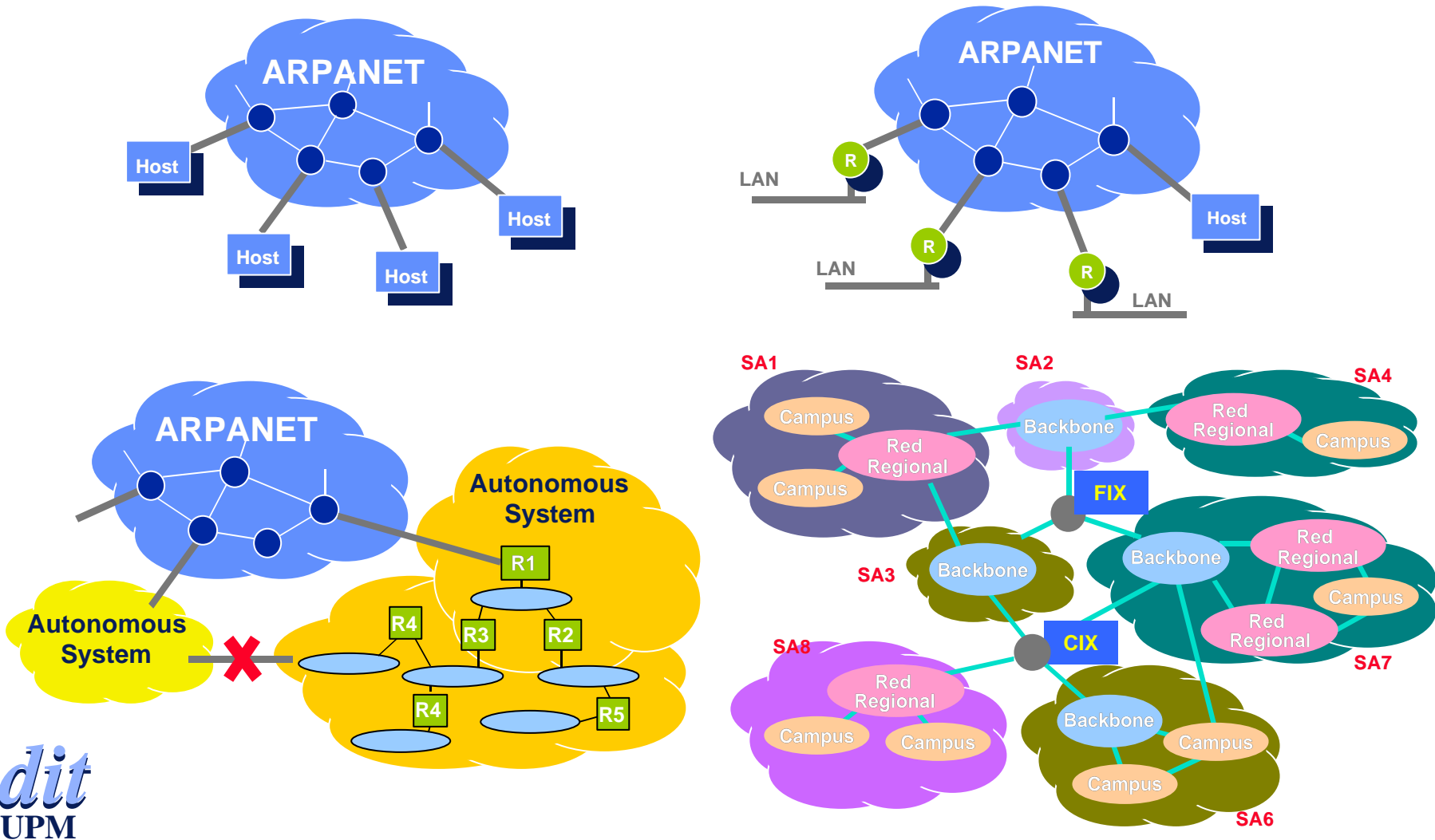
Clase	Net	Host	Dirs.#	Hosts	Asignadas	Crecimiento
A	1 oct.	3 oct.	126	16.387.064	115 (91%)	0
B	2 oct.	2 oct.	16.383	64.516	8.361 (51%)	muy alto
C	3 oct.	1 oct.	1.097.151	254	128.709 (6%)	alto

Direcciones asignadas en Octubre 93

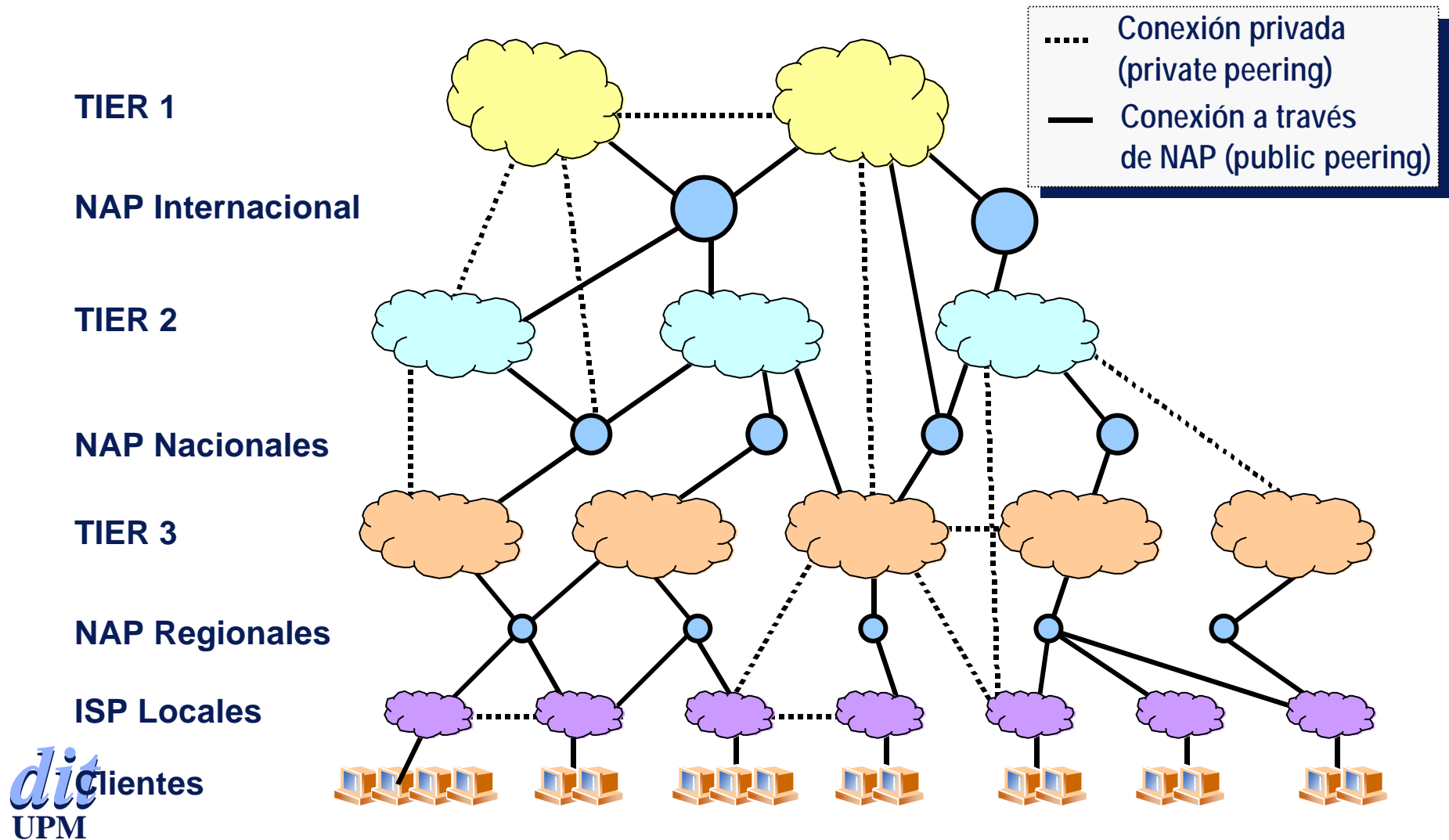
- ◆ Sistema de asignación basado en clases **MUY INEFICIENTE**: falta de flexibilidad en la asignación de rangos de direcciones
- ◆ Consecuencias:
 - Agotamiento de direcciones clase B (corto plazo)
 - Agotamiento del espacio total de direcciones IP (medio plazo)



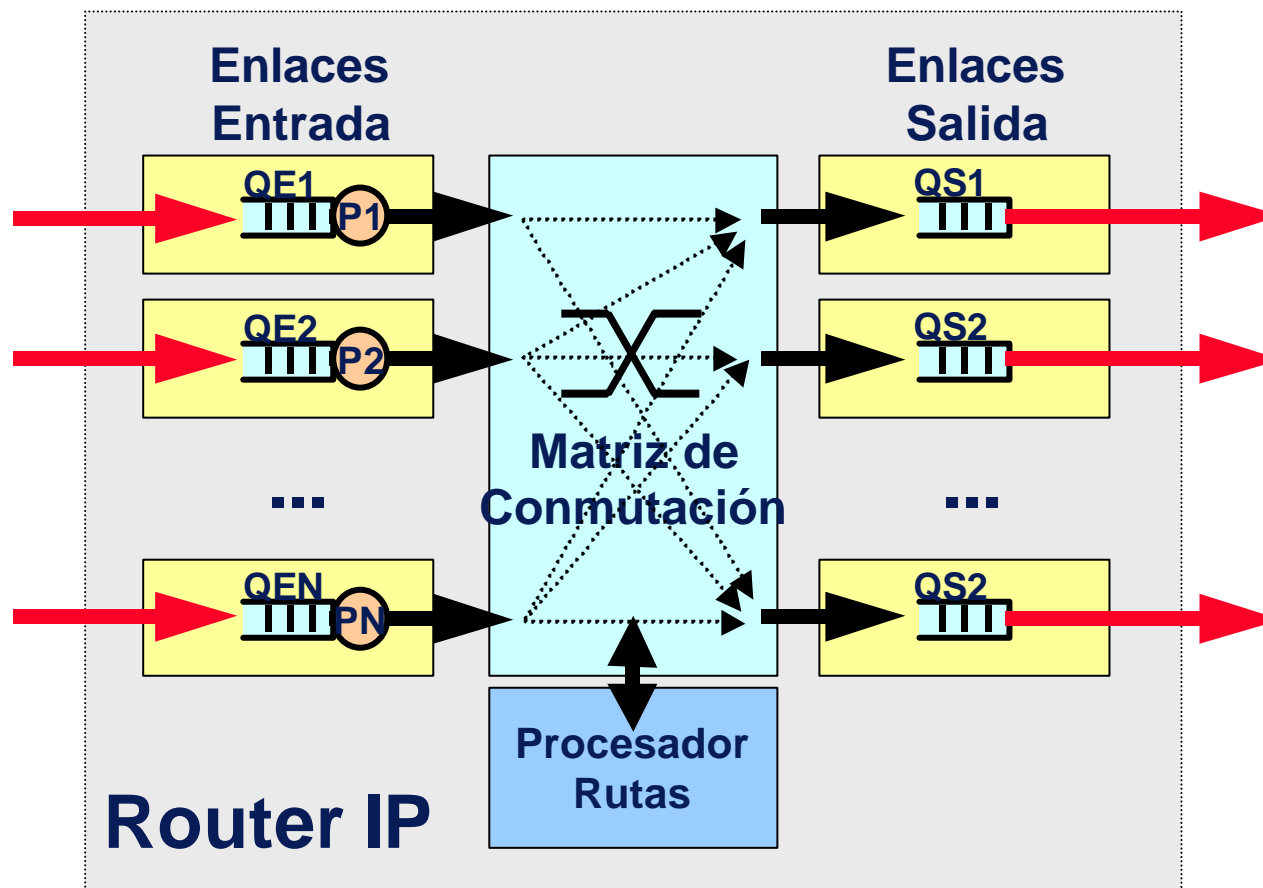
Organización Internet: Evolución



Topología Actual de Internet



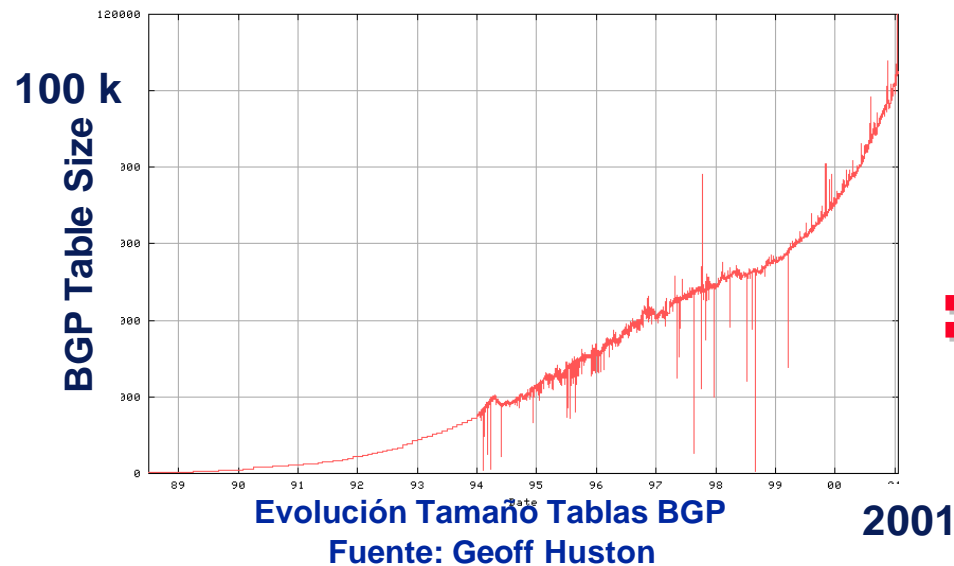
Arquitectura de un Router IP



Ej: con enlaces de 2,5 Gbps y paquetes de 256 octetos
¡¡ 1 millón de consultas por segundo !!

Encaminamiento en IPv4

- ◆ El tamaño de las tablas de encaminamiento de un router central (sin ruta por defecto) supera las 100.000 entradas



= Alto Consumo Recursos:

- CPU
- Memoria
- Ancho de banda

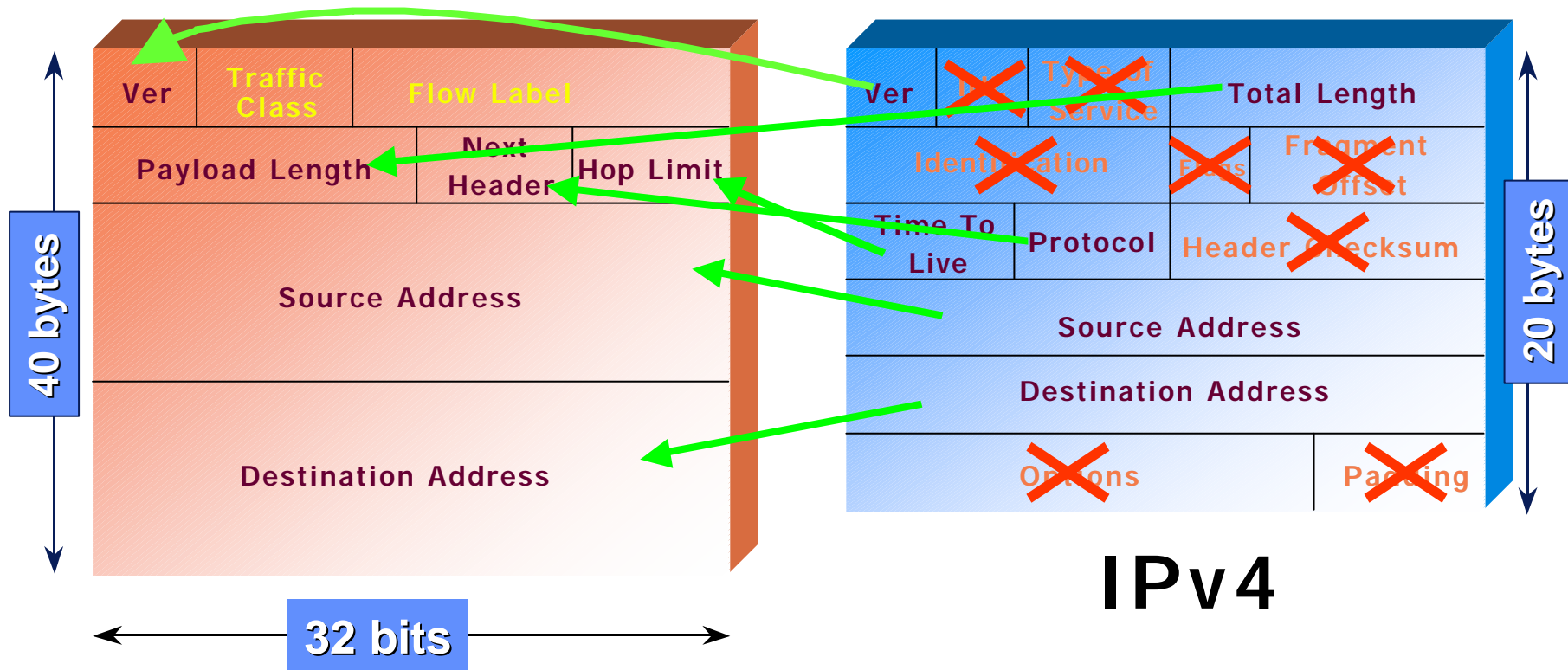
- ◆ CI DR ha permitido superar la primera gran crisis, pero, ¿será capaz de absorber el crecimiento de los próximos años (móviles, ADSL, etc)?

Resumen Características IPv6

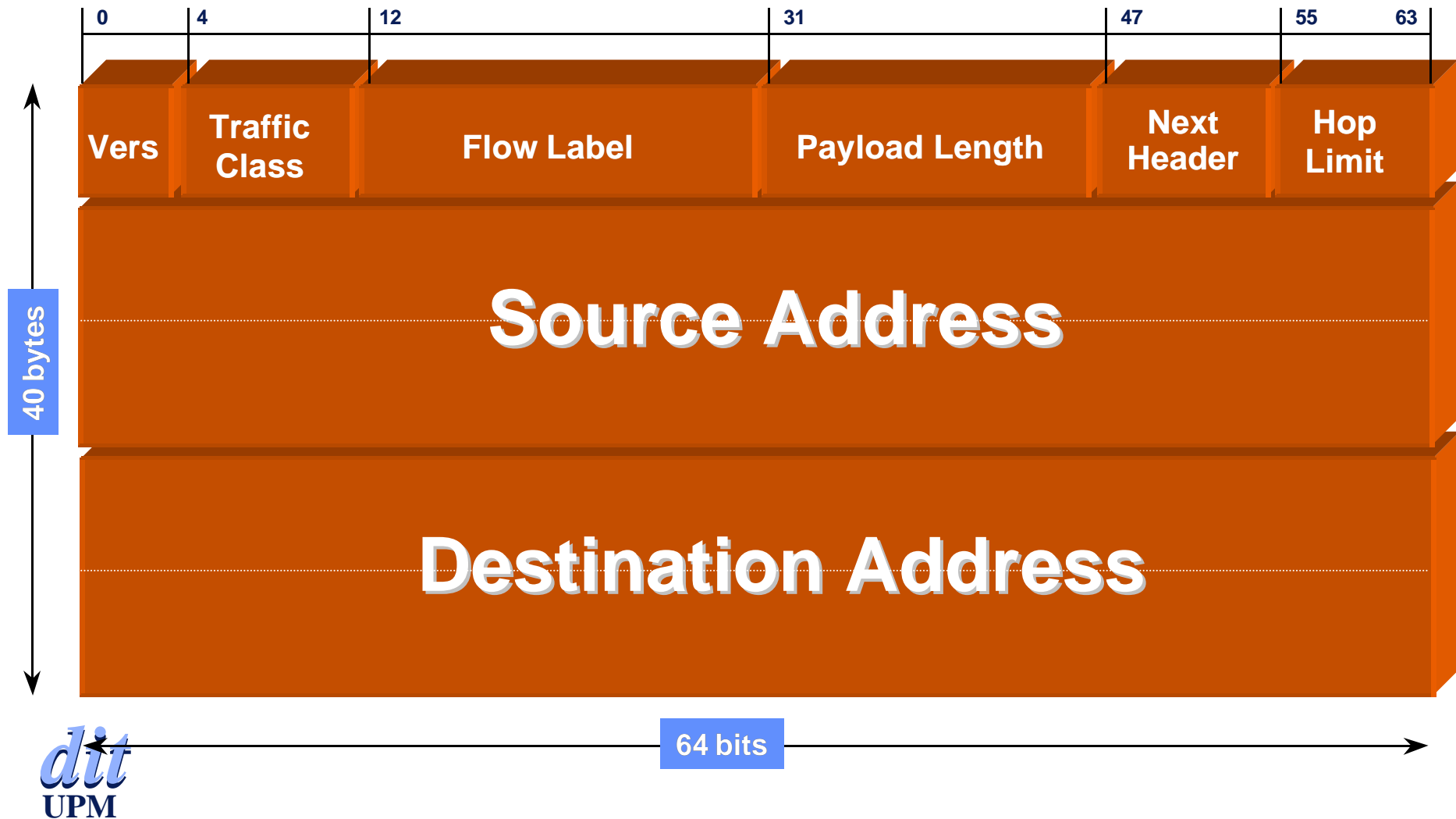
- ◆ IPv6 es una evolución de IPv4 (no una revolución)

Direccionamiento:	Direcciones de 128 bits asignadas jerárquicamente
Encaminamiento:	Jerárquico. Agregación de rutas
Prestaciones:	Cabecera simple alineada a 64 bits
Versatilidad:	Formato flexible de opciones. Extensibilidad mejorada
Multimedia:	Identificador de flujos
Multicast:	Obligatorio, control de ámbitos
Seguridad:	Soporte autenticación/cifrado obligatorio (IPSec)
Autoconfiguración:	3 métodos PnP
Movilidad:	Mejora de la eficiencia y seguridad

Formato Cabeceras: IPv4 vs. IPv6



Formato Cabecera IPv6



Formato Paquete IPv6

- ◆ Mejora en el formato y tratamiento de opciones:



- ◆ Ventajas:

- No hay limitación en el número de opciones
- Mejora de prestaciones debido a la ordenación de cabeceras:

- ✦ Cabeceras procesadas por routers:



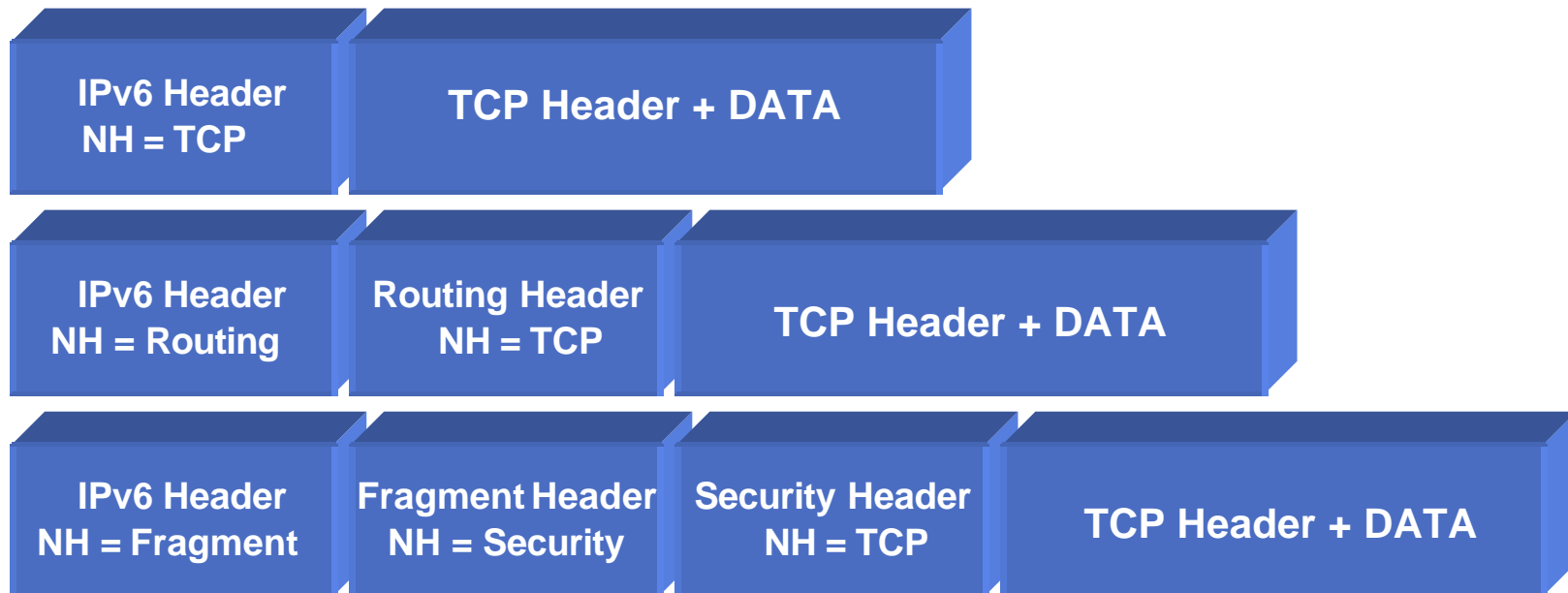
- ✦ Cabeceras procesadas en destino:



- Definición precisa del comportamiento frente a opciones desconocidas

Formato Datagrama IPv6

◆ Ejemplos:

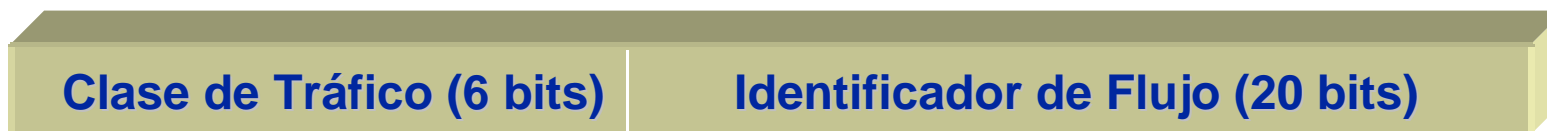


Cabeceras Opcionales

- ◆ Definidas actualmente:
 - *Hop-by-Hop Options*: Información que debe ser examinada en cada salto
Ej: Jumbogram (!paquetes de hasta 4 GB!)
 - *Routing*: similar a la opción Source Route de IPv4
 - *Fragmentation*: Segmentación y Reensamblado
 - *Authentication*: Firmas digitales
 - *Security Encapsulation*: Encriptación
 - *Destination Options*: Información examinada sólo en destino

Calidad de Servicio en IPv6

- ◆ Existen dos campos en la cabecera de IPv6 relacionados con QoS:



- ◆ **Clase de Tráfico:** utilizado en DiffServ (DSCP)
- ◆ **Identificador de Flujo:** pensado para identificar flujos de datagramas desde un origen a un destino (unicast o multicast) para los que se solicita una determinada QoS
 - Definido inicialmente como experimental (RFC 2460)
 - Las propuestas de utilización se están definiendo (draft-Conta-ipv6-flow-label-02.txt)

Direccionamiento IPv6

- ◆ Direcciones de **128 bits** (más de 10^{38} direcciones posibles)
- ◆ Más de **1500 direcciones por m²** teniendo en cuenta pérdidas por asignación (C. Huitema)
- ◆ Direcciones **asignadas a interfaces**
- ◆ **Múltiples direcciones** por interfaz:
 - Link-Local (locales a subred)
 - Site-Local (locales a organización)
 - Global (una por organización)
- ◆ Nuevas direcciones **Anycast**
 - **Unicast** (de uno a otro)
 - **Multicast** (de uno a todos los pertenecientes a un grupo)
 - **Anycast** (de uno al más cercano de los pertenecientes a un grupo)

Representación de Direcciones IPv6

- ◆ Notación general:

X:X:X:X:X:X:X:X (X = 2 octetos en hex.)

- ◆ Ejemplo:

3ffe:3328:4:3:250:4ff:fe5c:b3f4

- ◆ Los ceros contiguos se pueden eliminar:

FF01:0:0:0:0:0:0:43 = FF01::43

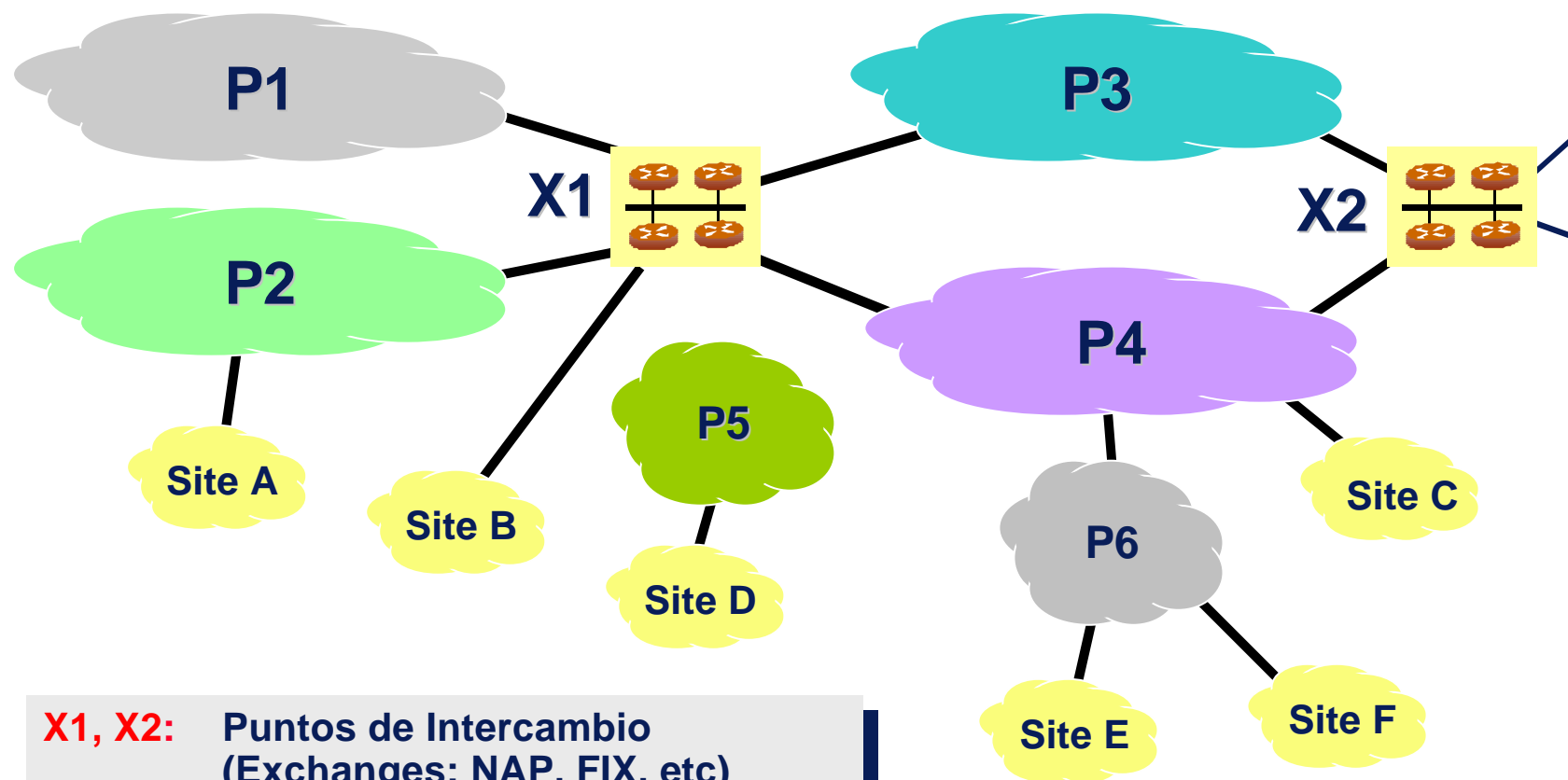
- ◆ Direcciones compatibles IPv4:

0:0:0:0:0:0:194.179.46.78 = ::194.179.46.78

Modelo Encaminamiento IPv6

- ◆ **Modelo jerárquico:** las direcciones dependen estrictamente de la topología de la red.
- ◆ Dos tipos de **Agregaciones:**
 - **Por Proveedor:** direcciones asignadas del rango de cada proveedor.
 - **Por Punto de Intercambio (Exchange):** las direcciones dependen del punto al que nos conectamos
- ◆ **Consecuencia:** Si cambiamos de proveedor o de punto de intercambio, es necesario **RENUMERAR** la red. (Si el proveedor de nuestro proveedor cambia también deberemos reenumerar).

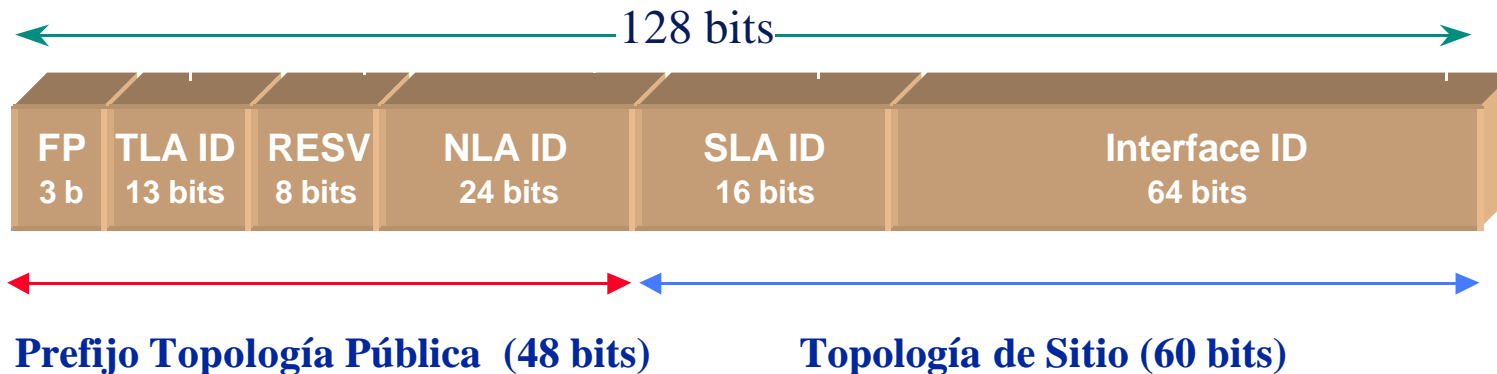
Encaminamiento IPv6: Topología Pública



X1, X2: Puntos de Intercambio
(Exchanges: NAP, FIX, etc)
P1-P4: Proveedores de larga distancia
P5, P6: Otros Proveedores

Direcciones Unicast

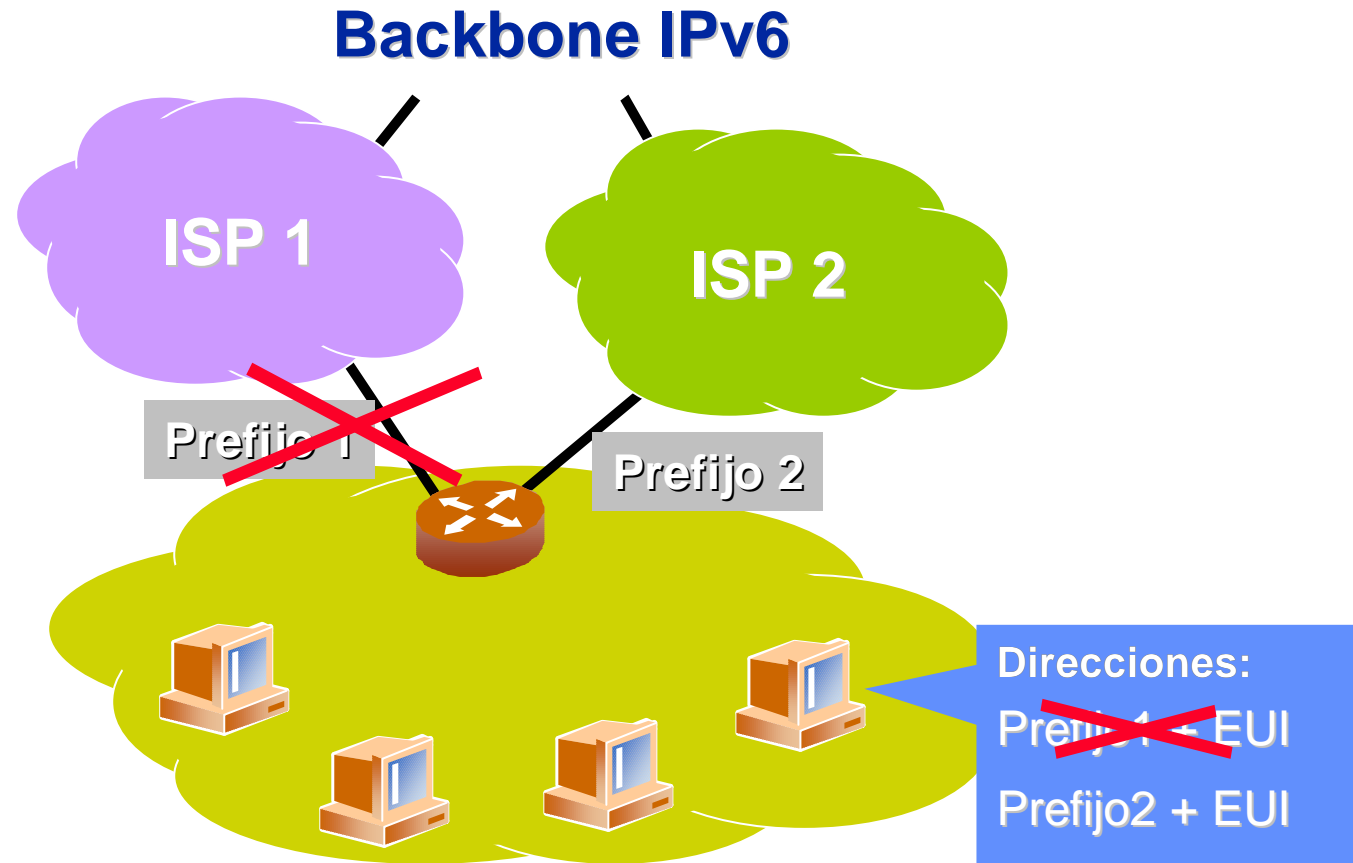
◆ Direcciones Unicast Globales y Agregables (RFC 2374):



FP	Format Prefix (001)
TLA ID	Top-Level Aggregation Identifier
RESV	Reservado (para ampliar TLA o NLA)
NLA ID	Next-Level Aggregation Identifier
SLA ID	Site-Level Aggregation Identifier
Interface ID	Interface Identifier (EUI-64)

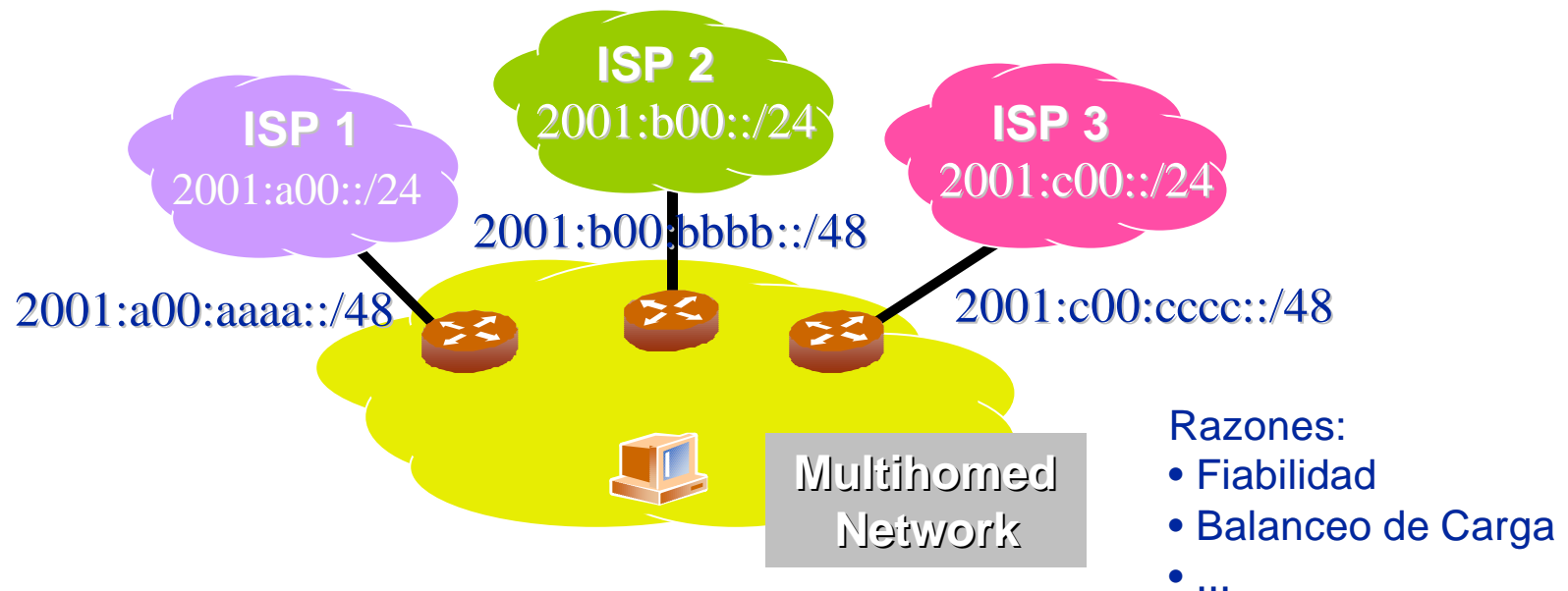
Renumerado de Redes IPv6

- ◆ Escenario Típico: Cambio de proveedor (I SP)



Multihoming

- ◆ “Multihomed site”: Sitio conectado a varios proveedores (ISPs) simultáneamente.



- ◆ Problema: el modelo de encaminamiento de IPv6 impide anunciar prefijos de un ISP a través de la conexión con otro.

Cabecera de Encaminamiento

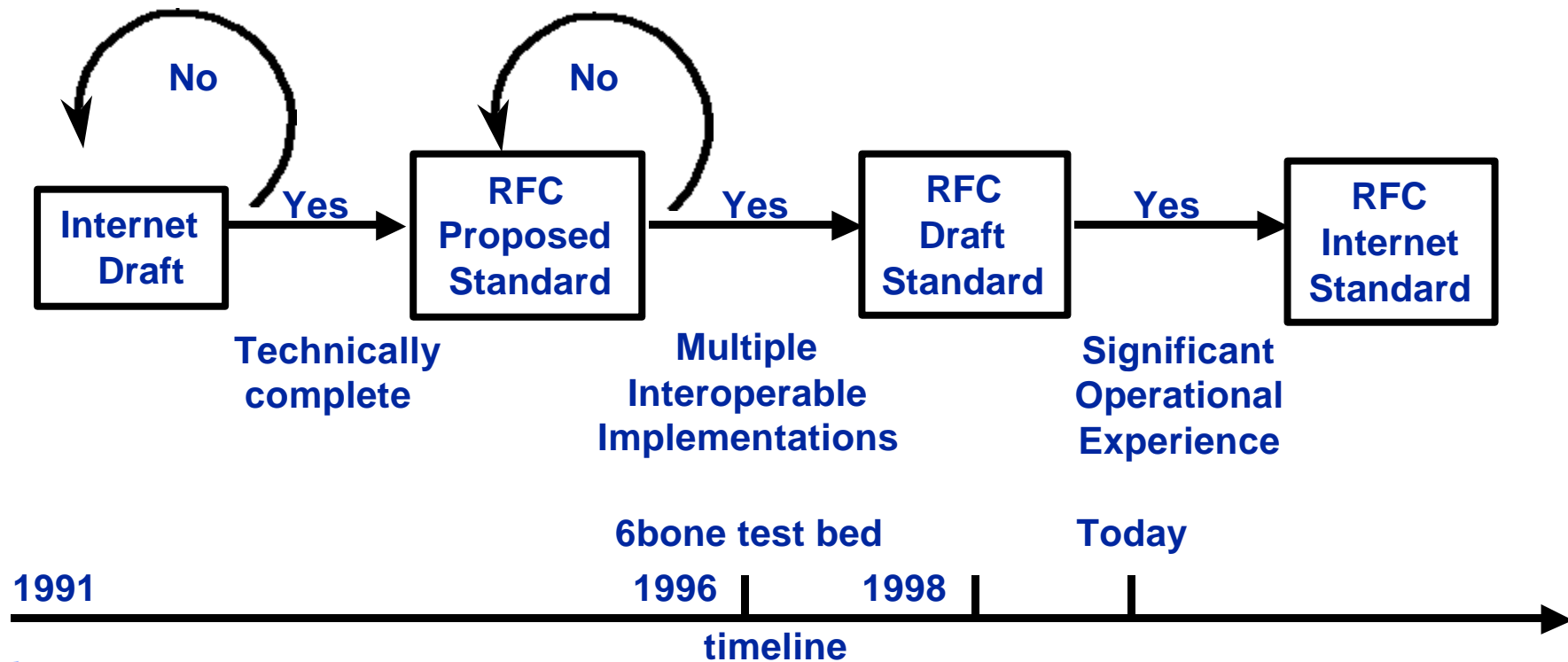
- ◆ Permite realizar **encaminamiento fijado en origen**:
 - El sistema origen de un datagrama puede especificar una lista de direcciones IP a visitar en el camino hacia el destino
- ◆ Muy similar a la opción **Loose Source Route** de IPv4...
- ◆ ...pero sin sus importantes limitaciones (tamaño de cabeceras, etc)
- ◆ Principales aplicaciones:
 - Selección de proveedores (direcciones anycast)
 - Movilidad

ICMP en IPv6

- ◆ Nueva versión del protocolo de control (ICMPv6) incluyendo:
 - Autoconfiguración (stateless)
 - Resolución de direcciones (Neighbour Discovery)
 - Descubrimiento de MTU
 - Gestión de grupos multicast (IGMP)
 - Detección de direcciones duplicadas...aparte de las funciones originales de ICMPv4.
- ◆ Nueva versión mejorada de DHCP (stateful autoconfiguration)

Estado Actual IPv6

◆ Draft Standard status:



Referencias IPv6 (I)

- ◆ IPv6: The New Internet Protocol. Christian Huitema. Prentice Hall, 1998.
- ◆ IPng and the TCP/IP Protocols. Stephen A. Thomas. John Wiley & Sons, 1996.
- ◆ IP Next Generation.
<http://playground.sun.com/pub/ipng/tml/ipng-min.tml>
- ◆ IPv6 Forum. <http://www.ipv6forum.com>
- ◆ IP Next Generation. R.M. Hinden. Connexions, vol. 9, núm. 3, Marzo 1995.
- ◆ RFC 1883: Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. Dic. 95.
- ◆ RFC 1885: Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification. Dic. 95.
- ◆ RFC 1752: The Recommendation for the IP Next Generation Protocol. Enero 95.

Referencias IPv6 (II)

- ◆ RFC 1887. An Architecture for IPv6 Unicast Address Allocation
- ◆ RFC 2374. An IPv6 Aggregatable Global Unicast Address Format
- ◆ RFC 1884. IP Version 6 Addressing Architecture. draft-ietf-ipngwg-addr-arch-v3-02.txt.
- ◆ RFC 2450. Proposed TLA and NLA Assignment Rules
- ◆ RFC 2894. Router Renumbering for IPv6
- ◆ RFC 2928. Initial IPv6 Sub-TLA ID Assignments
- ◆ RFC 2858. Multiprotocol Extensions for BGP-4
- ◆ RFC 2545. Use of BGP-4 Multiprotocol Extensions for IPv6 Inter-Domain Routing
- ◆ RFC 2740. OSPF for IPv6
- ◆ RFC 2080. RIPv6 for IPv6