

Introducción a IPv6

Taller "Marco situacional y transición a IPv6"

Francisco Obispo CENIT (Venezuela)

(fobispo@cenit.gob.ve)

Jorge Villa REDUNIV, Cuba

IPv6 Task Force Cuba (www.cu.ipv6tf.org)

(villa@reduniv.edu.cu)

Hotel Melia Habana, 15 de octubre de 2008

Algo de historia

A fines de los 80's, IETF comenzó a evaluar el impacto del crecimiento de la red basada en el protocolo IP, con énfasis en el direccionamiento y el enrutamiento.

Noviembre 1991 se crea el grupo de trabajo de enrutamiento y direccionamiento (ROAD WG)

ROAD WG dio sus resultados en marzo 1992

1- Con carácter inmediato propuso adoptar CIDR

2- A largo plazo, comenzar a explorar opciones para emplear un mayor espacio para direccionamiento

En 1992, el grupo de consejería de Internet (Internet Advisory Board (IAB) recomienda el uso del protocolo CLNP como solución inmediata, la cual fue desestimada por el IETF que solicitó nuevas propuestas de la comunidad.

En 1993 se creó el grupo directivo IPng (Protocolo IP de nueva generación)

Algo de historia

Solo 4 proyectos estuvieron completamente documentados y recibieron número de registro por parte de IANA:

P Internet Protocol (PIP)

Simple Internet Protocol Plus (SIPP)

TP/IX renombrado luego como Common Architecture for the Internet (CATNIP)

Simple CLNP rebautizado como TCP and UDP with bigger address (TUBA)

Cada proyecto recibió un número de la IANA

0-1 Reservados

2-3 No asignados

4 IP (Internet Protocol)

5 ST (ST Datagram Mode)

6- SIPP (Simple Internet Protocol)

7- TP/IP (TP/IX: The next Internet)

8- PIP (The P Internet Protocol)

9- Tuba (TCP and UDP with bigger address)

SIPP fue renombrado IPng (RFC 1752, noviembre 1994) y posteriormente **IPv6**

Algunas estrategias para minimizar el agotamiento de IPv4



DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

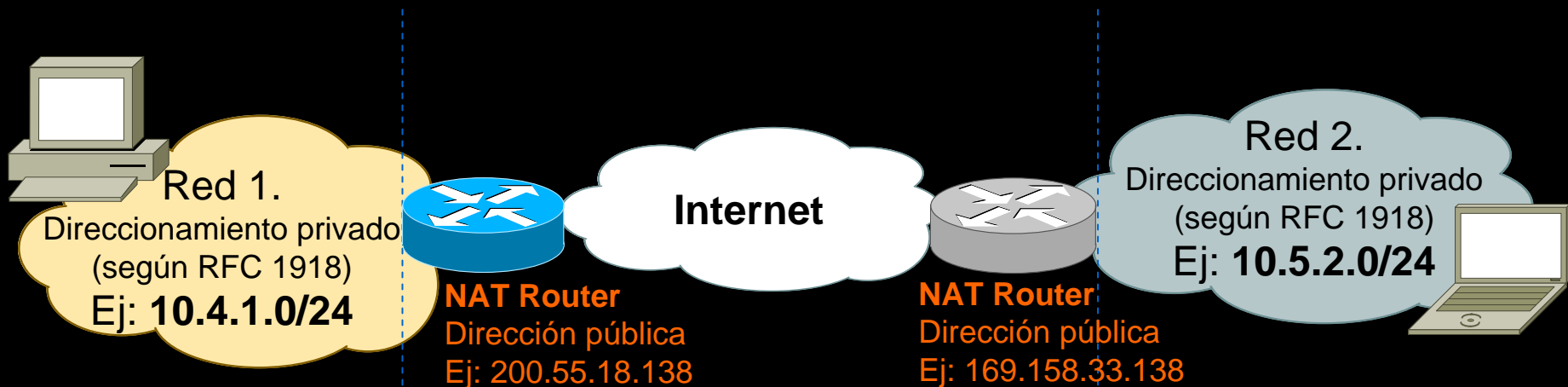
CIDR (Classless Internet Domain Routing) **RFC 1518, RFC 1519 (Septiembre 1993)**

Solicitud de retorno a la IANA de direcciones IPv4 no empleadas – RFC1917 (Febrero 1996)

Espacio de direcciones privadas – RFC 1918 (Febrero 1996)

- **10.0.0.0/8 (RFC 1918)**
- **172.16.0.0/12 (RFC 1918)**
- **192.168.0.0/16 (RFC 1918)**

NAT (Network Address Translation) **RFC 1631 (Mayo 1994)**



La solución

Un nuevo protocolo: IPv6

- ✓ IPv6 (Internet Protocol version 6) es el mas reciente desarrollo del protocolo IP
- ✓ Sus especificaciones han sido diseñadas por la Fuerza de Tareas de Ingeniería para Internet (IETF).
- ✓ IPv6 es consecuente con las tecnologías desarrolladas en base al protocolo IPv4, reelaboradas según una nueva filosofía.
- ✓ Resuelve eficientemente las limitaciones nativas de IPv4.

Definición de los Estándares Fundamentales (1993-2000)

Proyectos y Redes Pilotos en Internet, Laboratorios (1996-2000)

Productos básicos para redes y Salida de Plataformas al Mercado (2000-2003)

Planeación y Elaboración de Propuestas Estratégicas (RFP's) (2003-2007)

Desarrollo de Aplicaciones para plataformas heterogéneas (2004-2006)

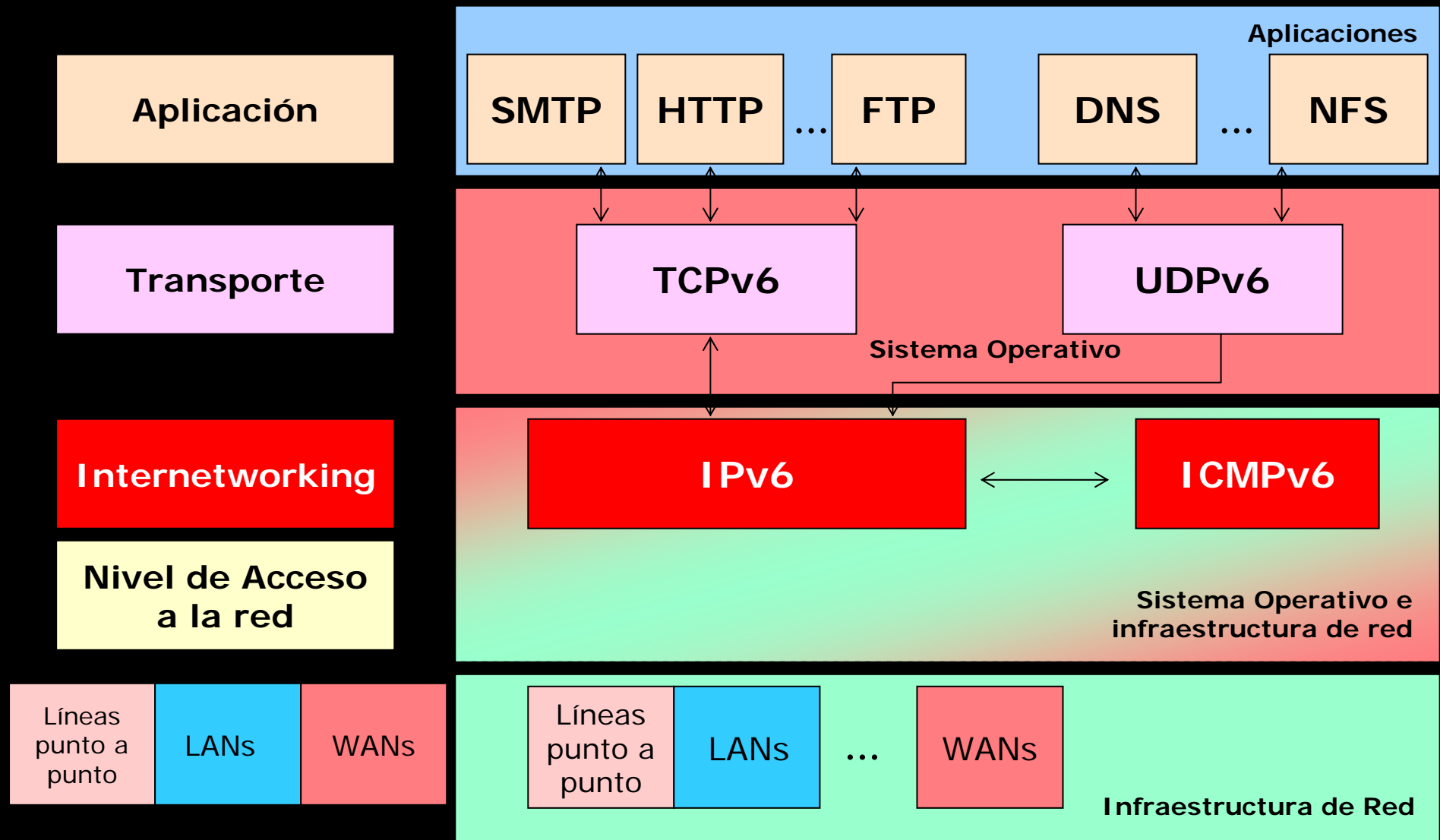
Comienzo de Infraestructura IPv6 de los ISPs (2004-2007)

Sistemas y Redes Completas IPv6 (2008)

Evolución como estándar De Jure y De Facto, Desarrollo de Modelos, Nuevas Opciones (2000-????)

La solución

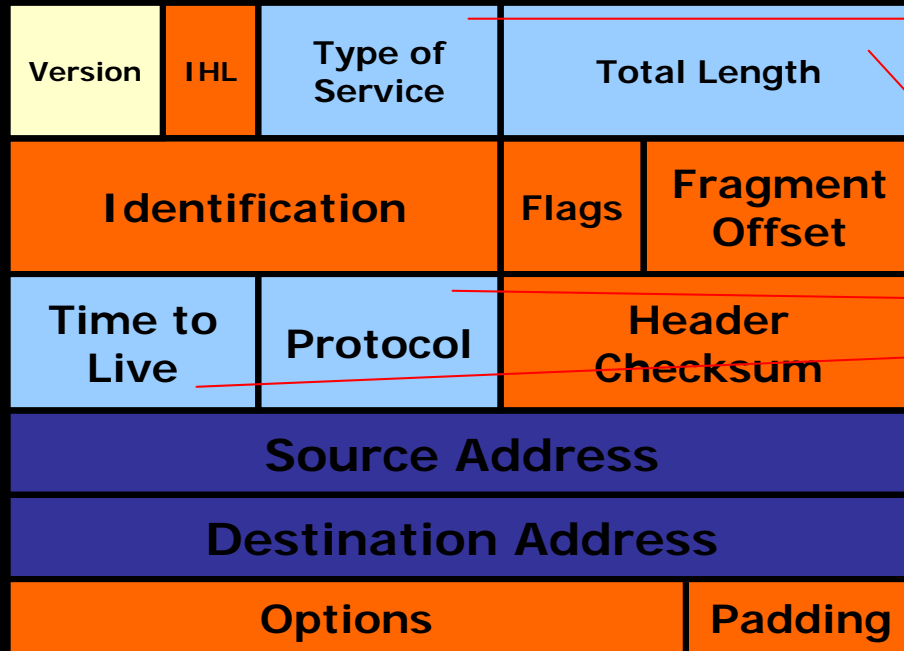
IPv6: una evolución dentro del mundo IP



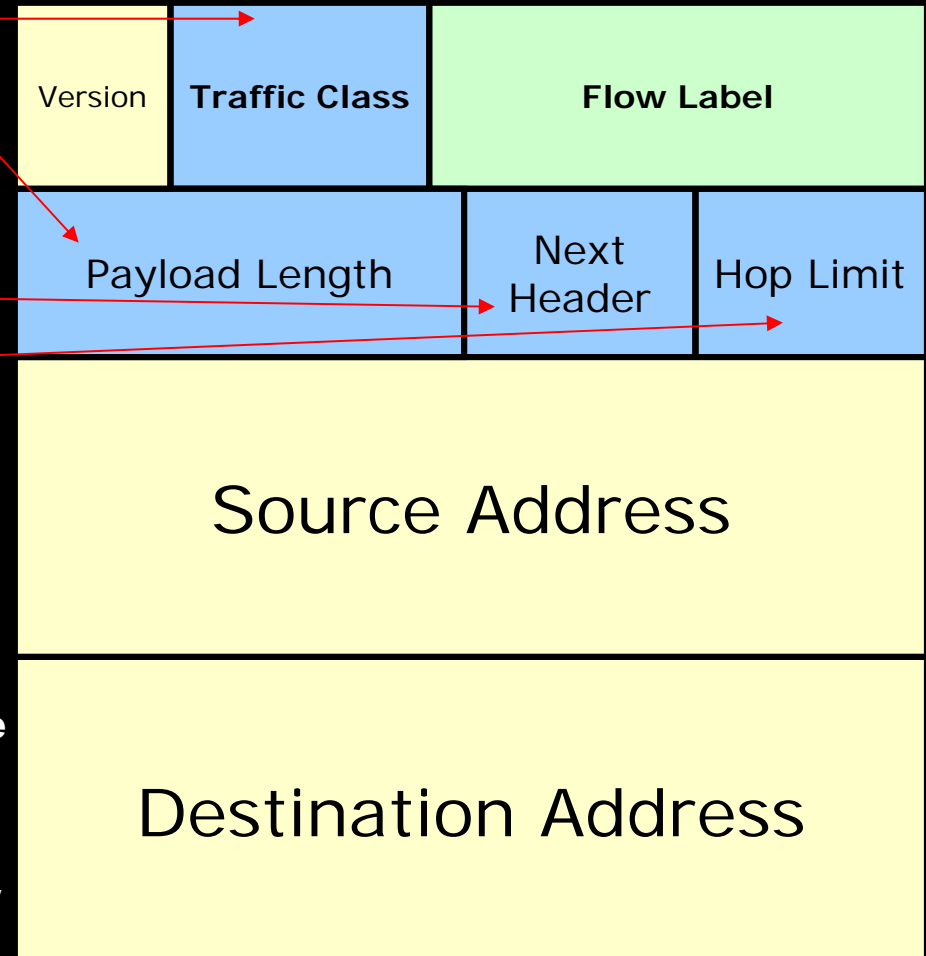
¿Dónde se ubica IPv6?





Paquetes de datos

Encabezado IPv4



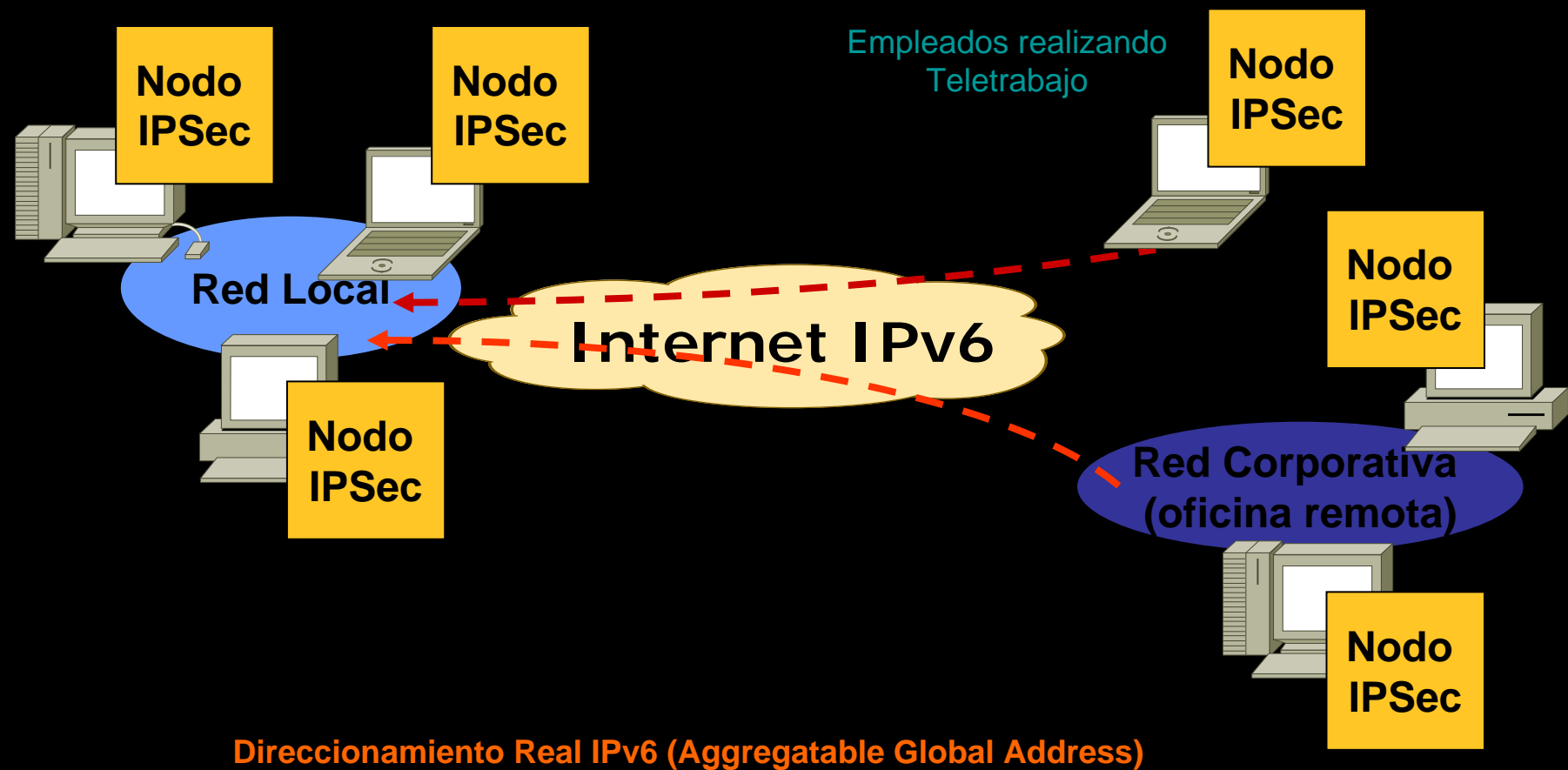
Encabezado IPv6



-  Campos que mantienen su nombre IPv4 en IPv6
-  Campos que se eliminan en IPv6
-  Campos que cambian de nombre y posición en IPv6
-  Campo nuevo en IPv6

Paquetes de datos IPv4 / IPv6

IPSec



Transmisión Segura Site-to-Site (IPSec VPN)

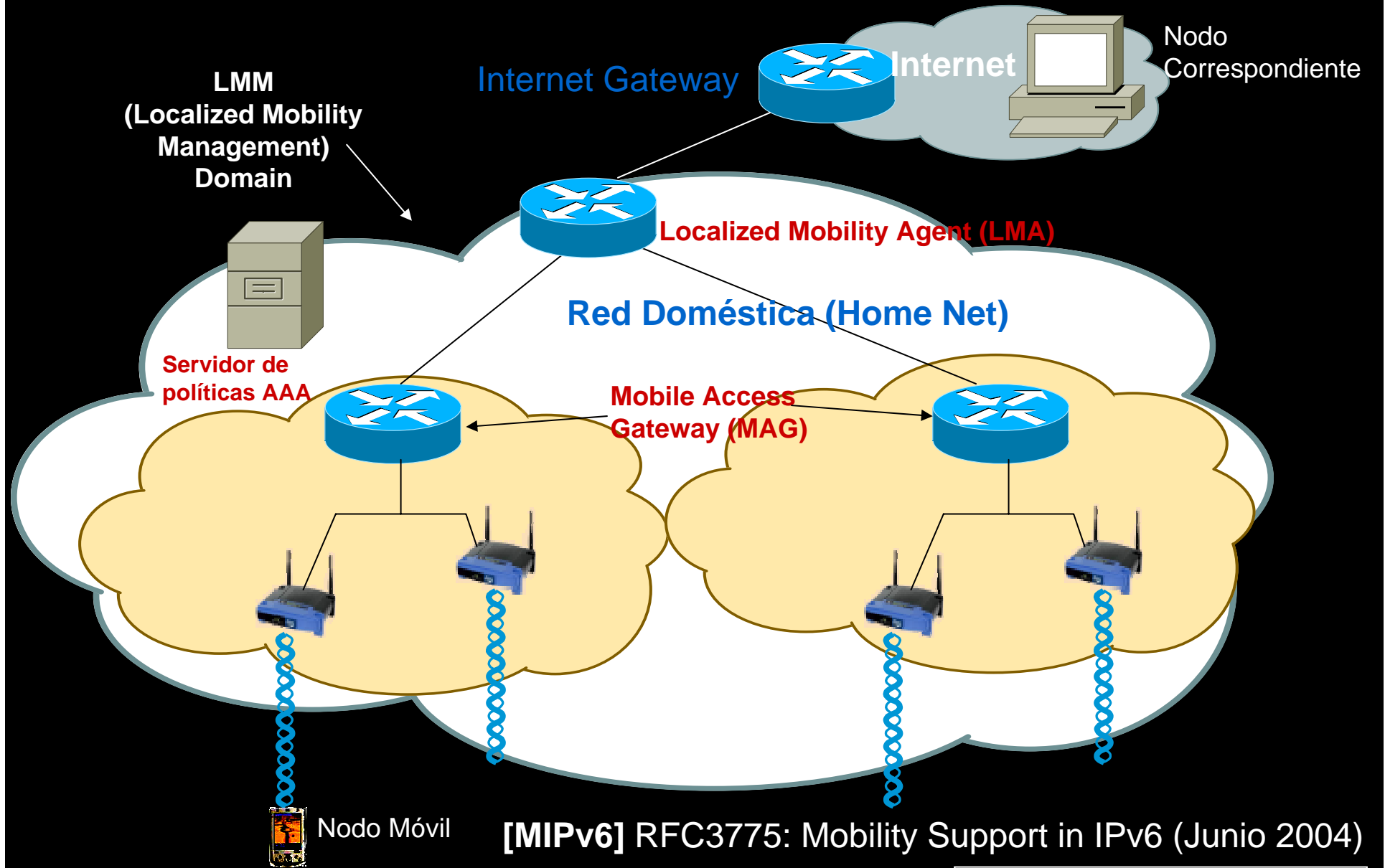
Cabeceras de Autenticación (RFC 2402)

Cabeceras de Encriptación (RFC 2406)

La solución

Seguridad "Extremo a Extremo" en IPv6

MIPv6 (enrutamiento directo)



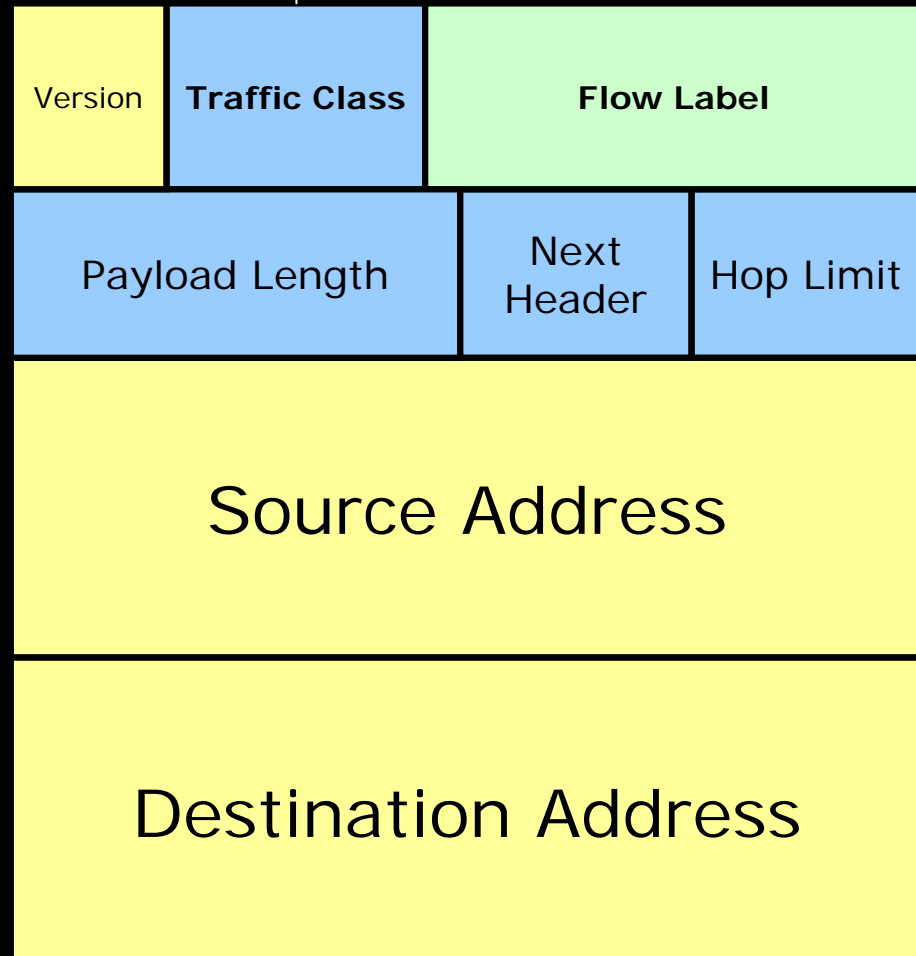
[MIPv6] RFC3775: Mobility Support in IPv6 (Junio 2004)

La solución

Movilidad IPv6

Opciones para QoS en IPv6

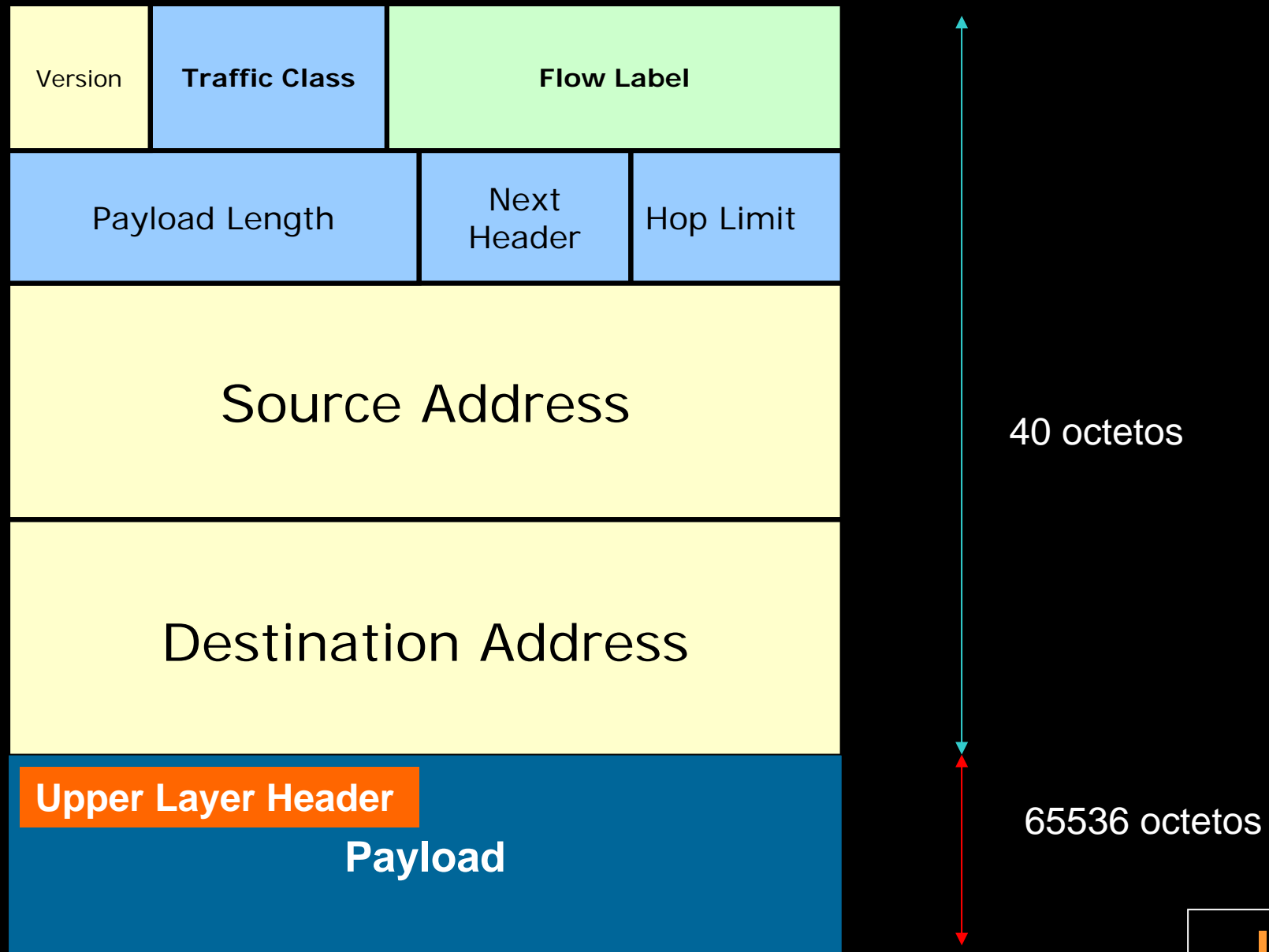
- 0 - uncharacterized traffic
- 1 - filler traffic such as netnews
- 2 - unattended data transfer such as e-mail
- 3 - reserved
- 4 - attended bulk transfer such as FTP
- 5 - reserved
- 6 - interactive traffic such as telnet
- 7 - internet control traffic such as SNMP
- 8-15 - para aplicaciones de usuario



RFC 2474 Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers

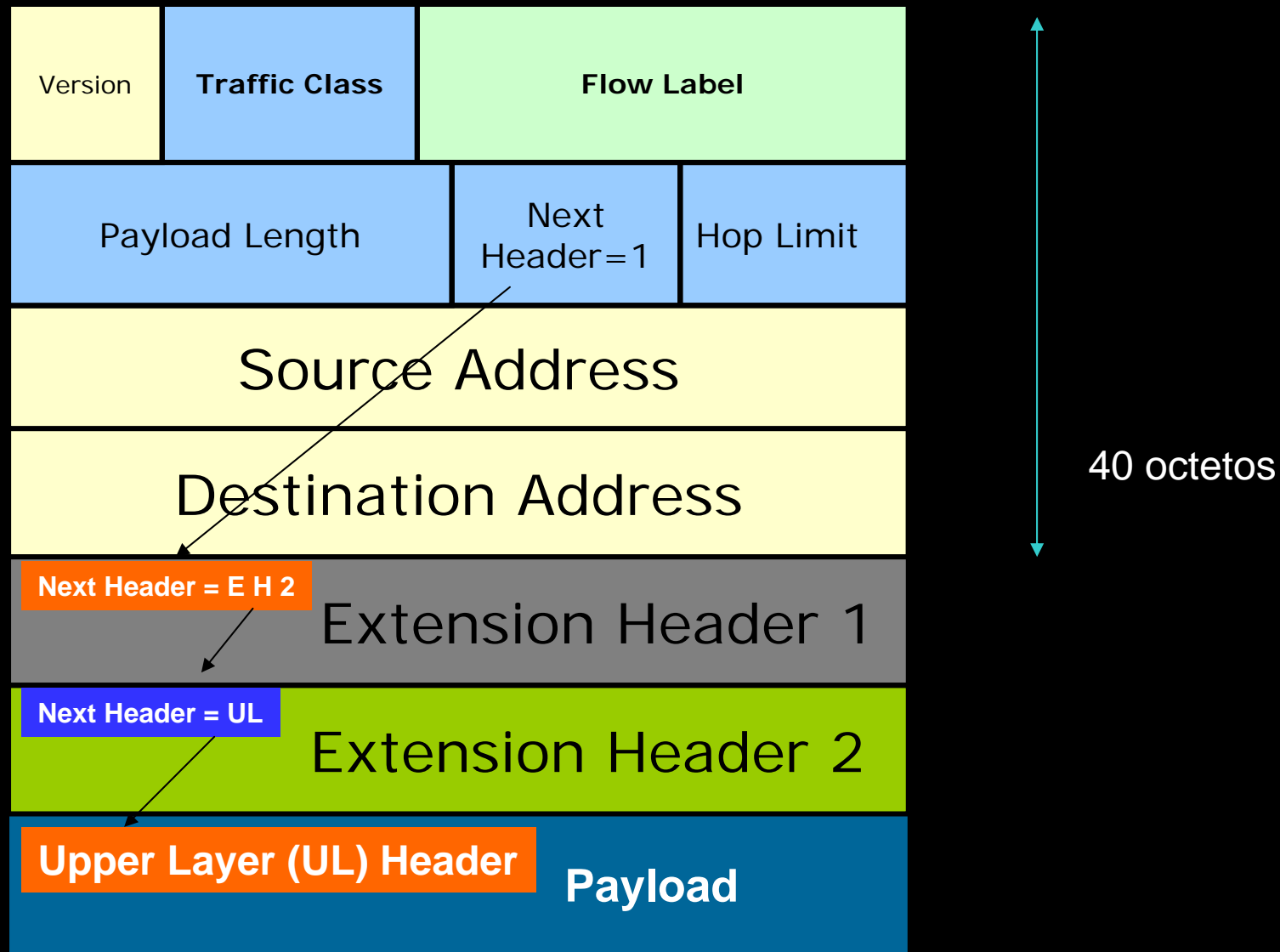
QoS IPv6

Cabeceras de extensión



IPv6

Cabeceras de extensión



Cabeceras de extensión

		Orden de aparición
IPv6 Header		
Hop-by-Hop Options header (0)	←	Obligatorio
Destination Options header (60)		recomendado
Routing header (43) (la cabecera cero desaprobada RFC 5095)		
Fragment header (44)		
Authentication header (51)		
Encapsulating Security Payload header (50)		
Destination Options header (60)		
Mobility header (135)		
No next header (59)		
Upper-layer header (TCP (6), UDP (17), ICMPv6 (58))		

Las cabeceras de extensión IPv6 no entran en los 40 bytes del encabezado básico

De forma general solo se procesan en los nodos destino y fuente, excepto Hop-by-Hop Options que se procesa por todos los enrutadores intermedios

ICMPv6. Generalidades

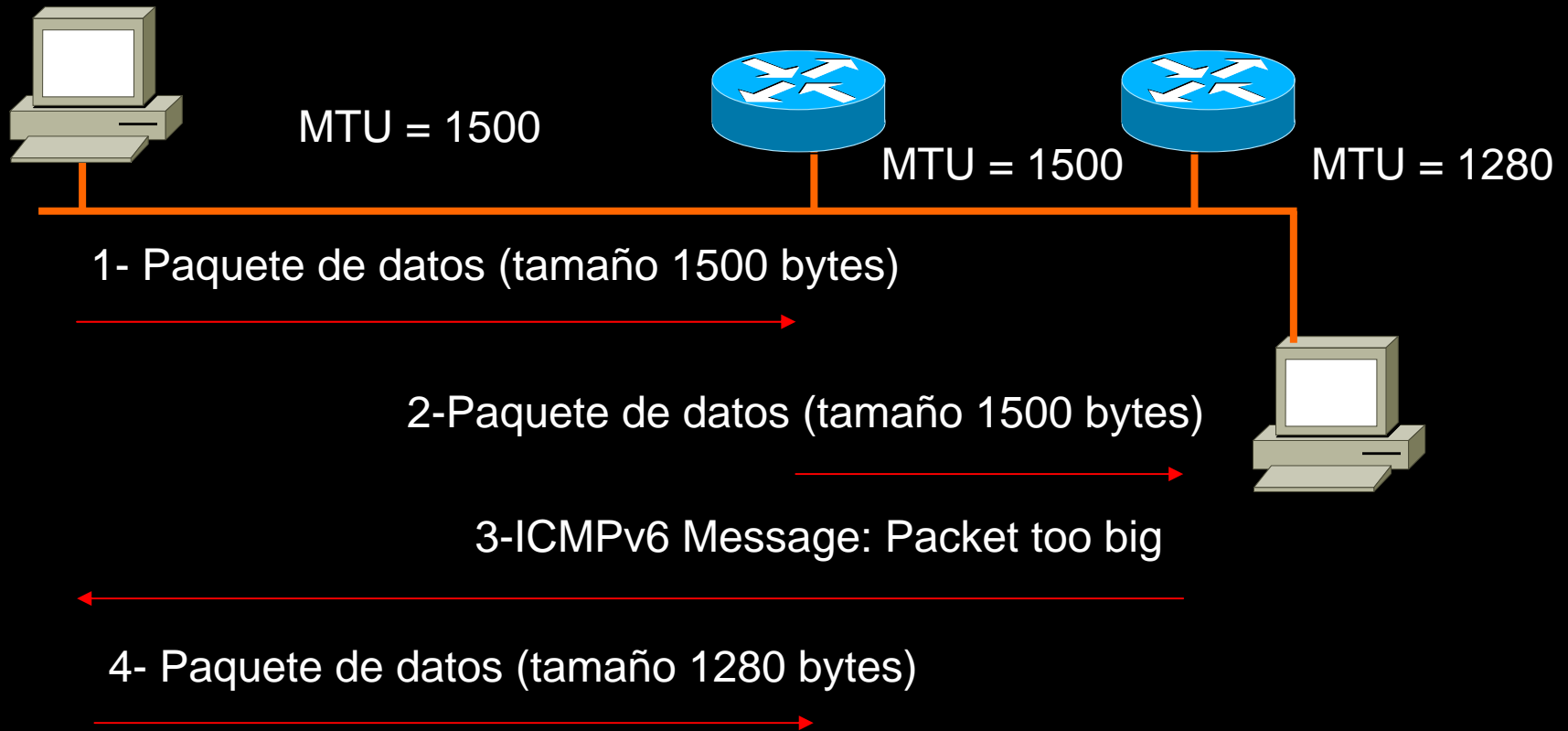
ICMPv6 combina la funcionalidad de ICMPv4, IGMP y ARP
Se ejecuta sobre IPv6 en modos unicast y multicast

Descubrimiento de vecinos (neighbor discovery (ND))

Los nodos que comparten un mismo medio físico usan ND para:

- descubrir su presencia mutuamente
- determinar la dirección de nivel de enlace de sus vecinos
- encontrar enrutadores
- mantener información sobre alcanzabilidad de los vecinos

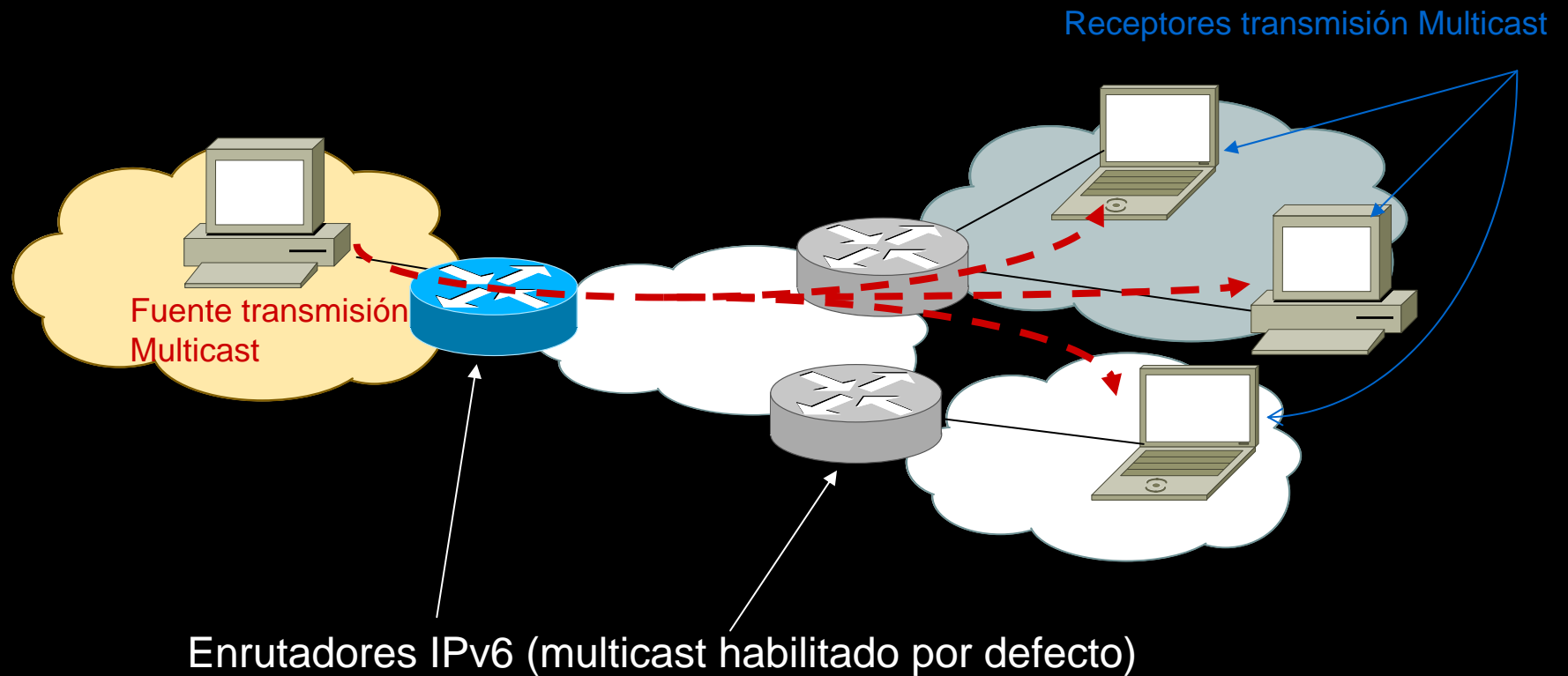
Descubrimiento de MTU de camino



Path MTU = mínimo MTU para un camino dado entre origen y destino. **Siempre mayor o igual a 1280 bytes!!**

ICMPv6

IPv6 Multicast



¡¡En IPv6 no existe broadcast como en IPv4, y tampoco es necesario implementar túneles para Multicast!!

Multicast IPv6

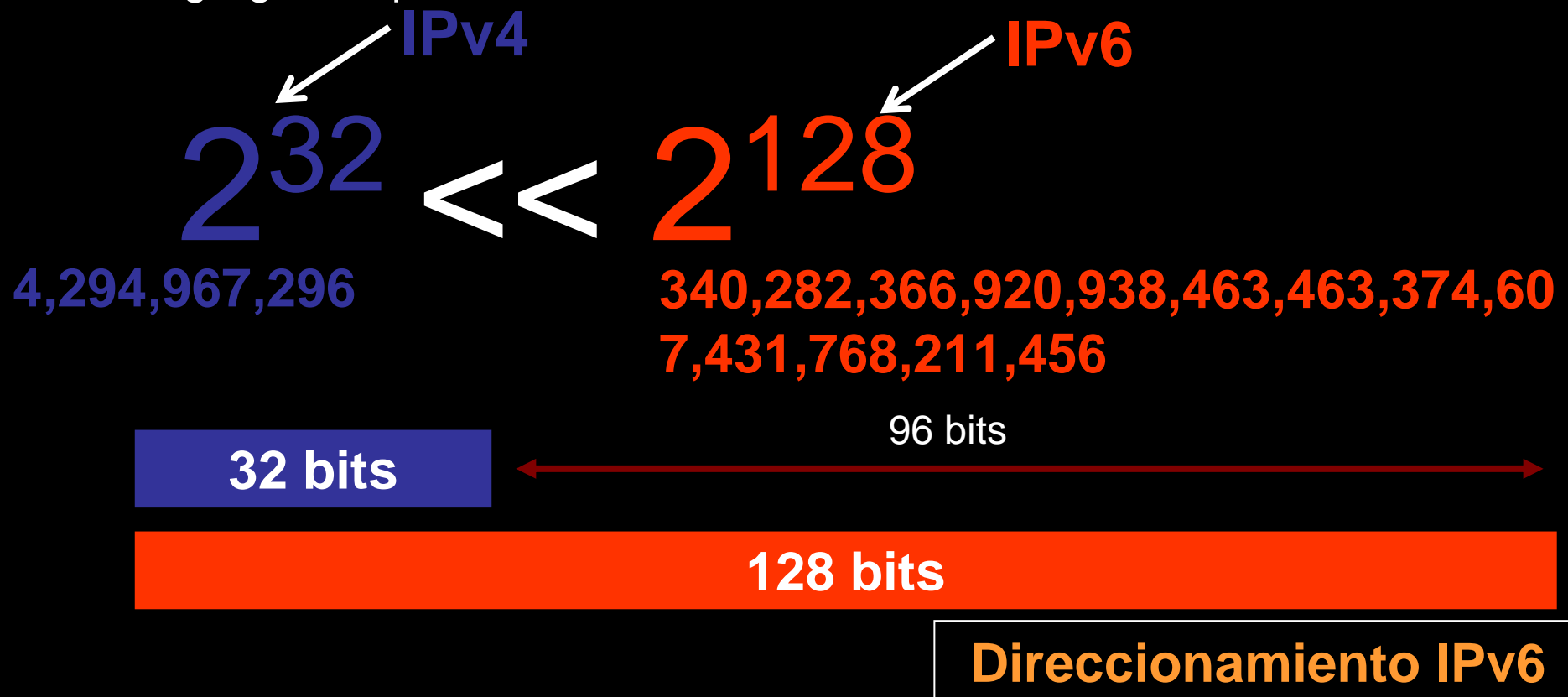
IPv6: Generalidades

El esquema de direccionamiento IPv6 se define en la RFC 4291

- 128 bits de longitud
- permite asignación jerárquicamente
- flexible para la evolución de las redes

Usa los principios de enrutamiento sin clases (CIDR)

- prefijo/longitud de prefijo
- agregación para reducir las tablas de rutas



Tipos de direcciones IPv6

Unicast (comunicación uno a uno)

- Globales (*RFC 3587*)
- enlace local (link-local) **FE80::/10**
- sitio local (site-local) **FEC0::/10** (*desaprobado RFC3879*)
- Unicas locales (ULA) **FC00::/7**
- IPv4 compatible **::IPv4/128** (*desaprobadas RFC4291*)
- IPv4 Mapeadas **::FFFF:IPv4/128**

Multicast (comunicación uno a muchos)

FF80::/8 Multicast

Anycast (comunicación uno al mas cercano)

se asignan a partir de prefijos locales

Reservadas

::/128 Dirección no especificada (128 bits en cero)

::1/128 Loopback

2001:db8::/32 (direcciones para documentación RFC3849)

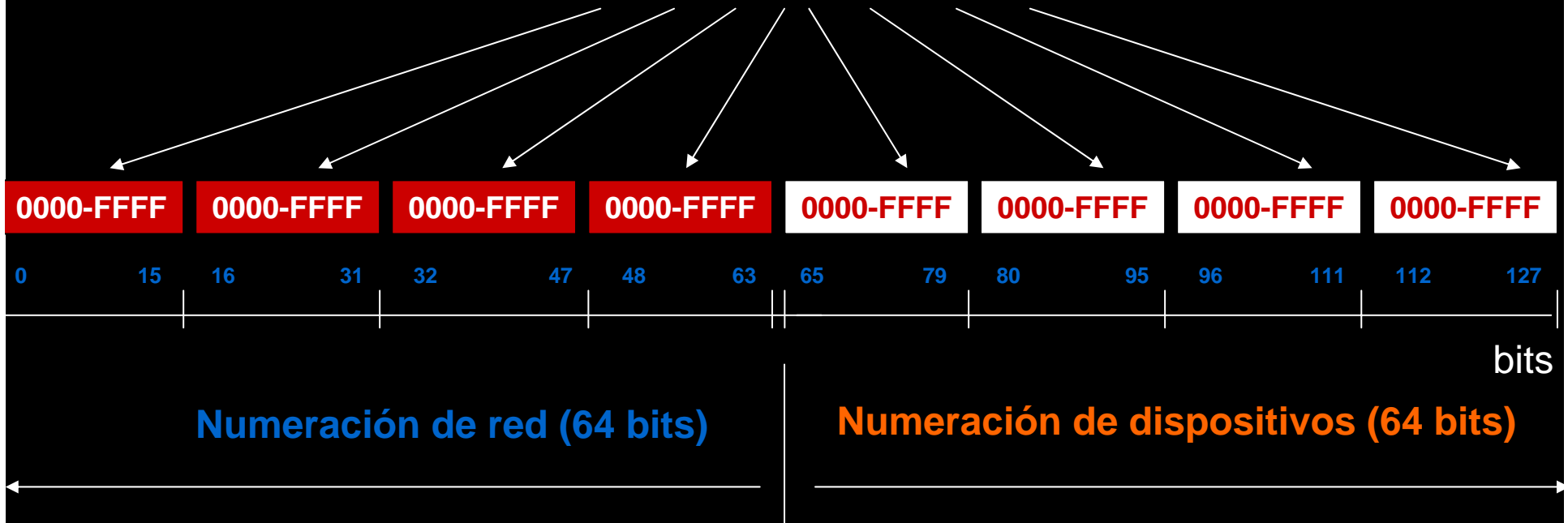
Transición

2002::IPV4::/48 (6to4)

Direccionamiento IPv6

Representación de direcciones IPv6

Representación Hexadecimal



Ejemplo: **2001:0000:130F:0000:0000:09C0:876A:130B** (Dirección de host)
2001:0000:130F::/48 (Dirección de Red)

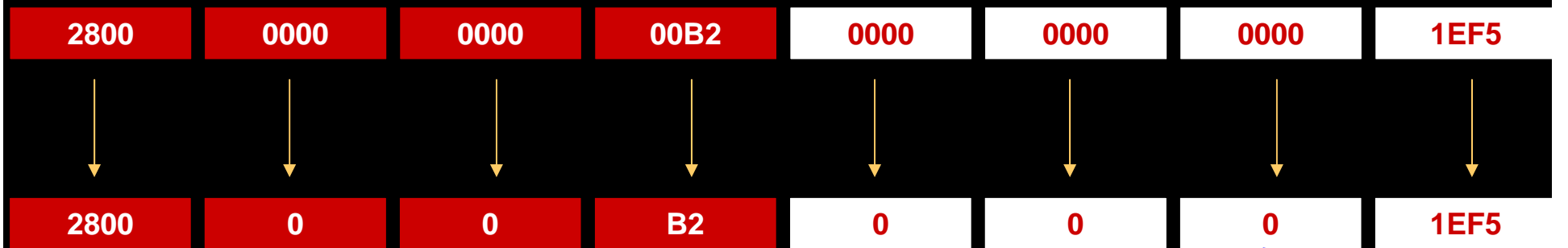
Referencias adicionales 1 - <http://www.iana.org/ipaddress/ip-addresses.htm>

2- RFC3513:Internet Protocol Version 6 (IPv6) Addressing Architecture

Direccionamiento IPv6

Representación de direcciones IPv6

Dirección IPv6 2800:0000:0000:B2:0000:0000:0000:1EF5



Simplificación de ceros

⇒ 2800:0:0:B2:0:0:0:1EF5

Simplificación de ceros consecutivos

⇒ 2800::B2::1EF5

2800:0:0:B2::1EF5 ← Notación correcta

¡¡Notación incorrecta!!

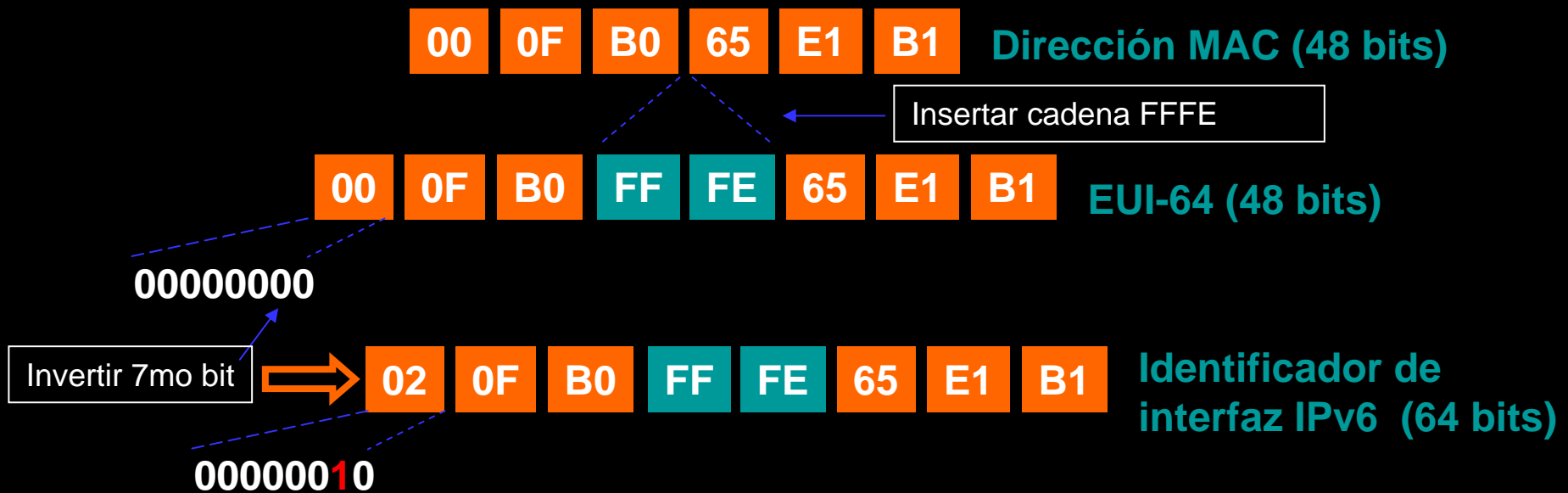
[http://\[2008:0:0:B2::1EF5\]/prueba.htm](http://[2008:0:0:B2::1EF5]/prueba.htm)

Direccionamiento IPv6

Identificadores de interfaz IPv6

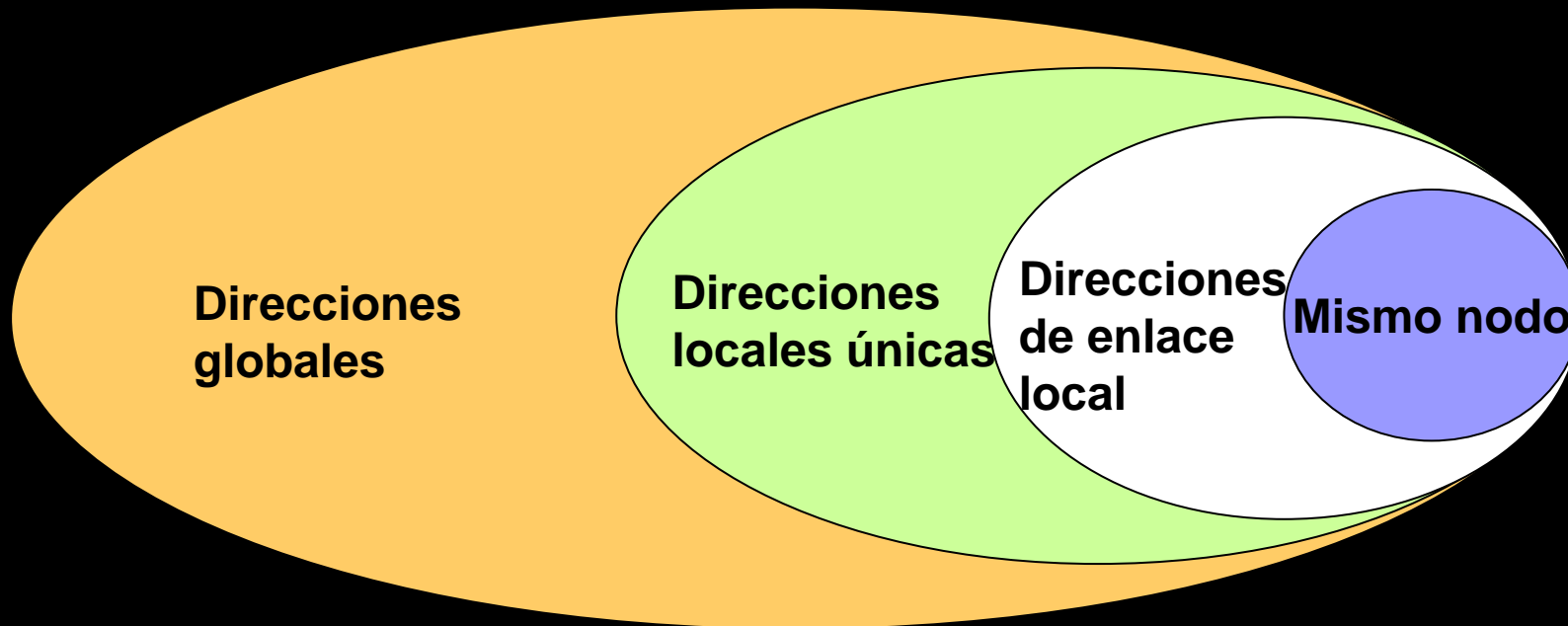
Pueden obtenerse mediante:

1. autoconfigurado a partir de EUI-64
2. número pseudoaleatorio (extensiones de privacidad)
3. asignado mediante DHCP
4. configurado manualmente
5. otros métodos



Direccionamiento IPv6

Alcance de direcciones IPv6 unicast



mismo nodo (*loopback*): permite la comunicación con origen y destino en un mismo nodo IPv6

de enlace local (*link-local addresses*): Identifica todos los dispositivos dentro de un dominio cualquiera de nivel 2.

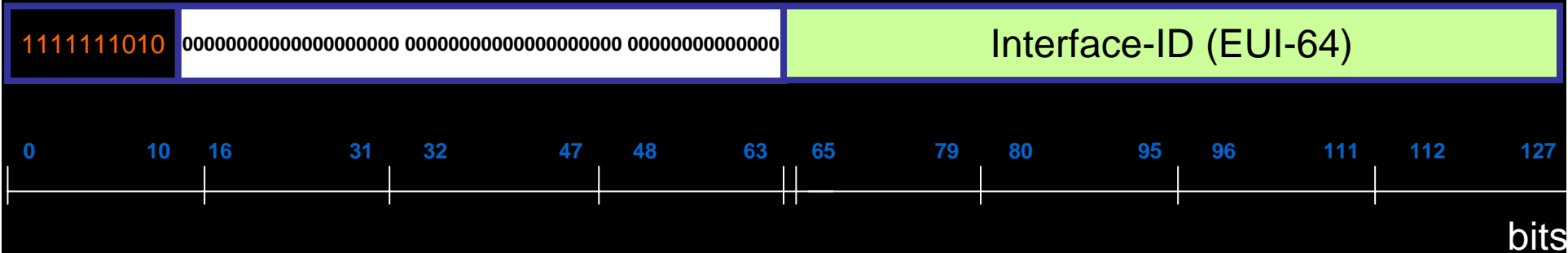
locales únicas (*unique-local addresses (ULA)*): Identifica todos los dispositivos ubicados en un dominio administrativo, que normalmente contiene múltiples enlaces distintos.

globales (*global unicast addresses*): Identifica a todos los dispositivos que pueden alcanzarse a través de Internet.

Direccionamiento IPv6

Direcciones IPv6 de enlace local

FE80:0:0:0:/10 = FE80::/10 ← Prefijo de alcance local



Las direcciones de enlace local son independientes del esquema de direccionamiento de una red.

Se emplean para comunicación entre nodos ubicados en un mismo segmento de red o para localizar vecinos o routers en una red.

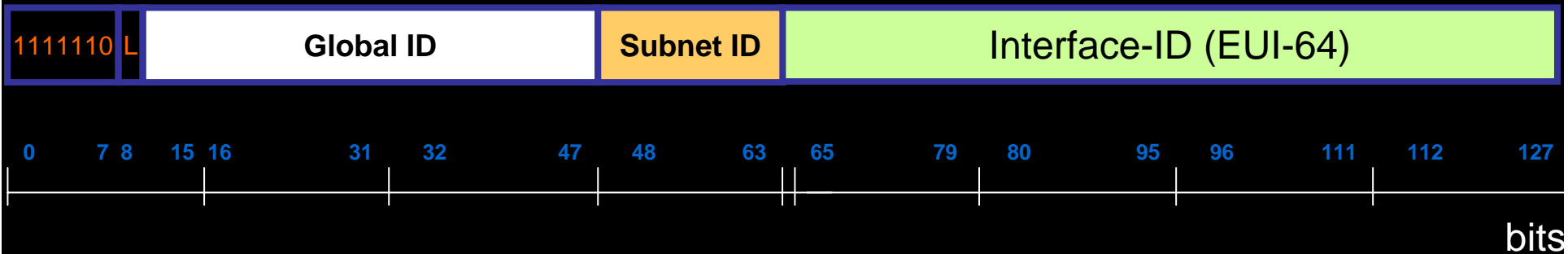
Siempre que sea posible, se emplean para definir las puertos de enlace

Direccionamiento IPv6

Direcciones IPv6 locales únicas

FC00::/7

Prefijo para direcciones IPv6 locales únicas



L=0 (uso futuro) L=1 (asignación local)

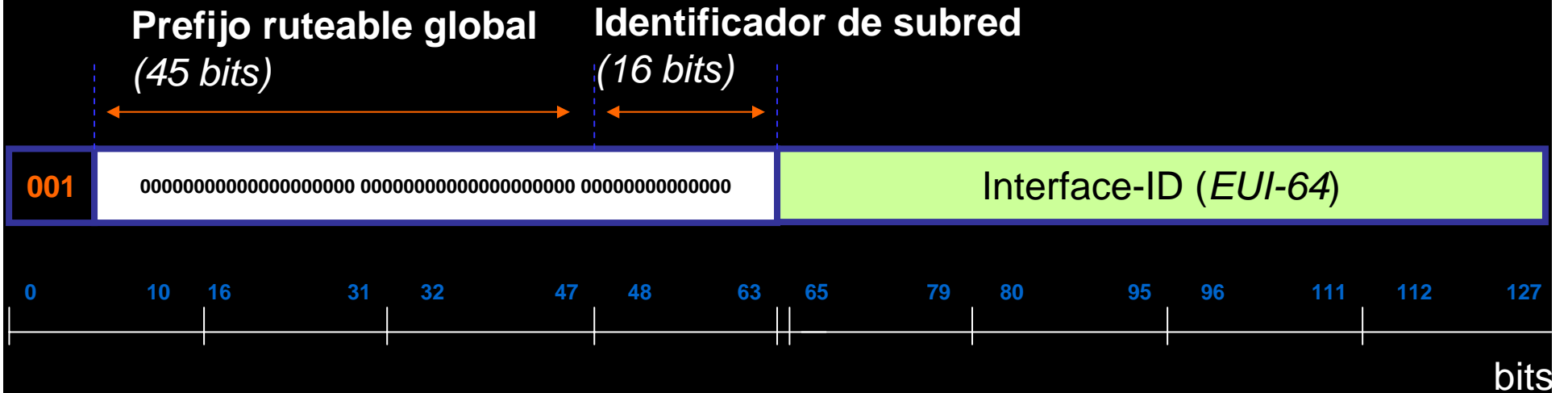
Estandarizadas en la RFC 4193

Estas direcciones son el equivalente al espacio de direcciones privadas (RFC 1918) de IPv4

Pueden usarse de conjunto con direcciones de alcance global

Direccionamiento IPv6

Direcciones IPv6 para enrutamiento global



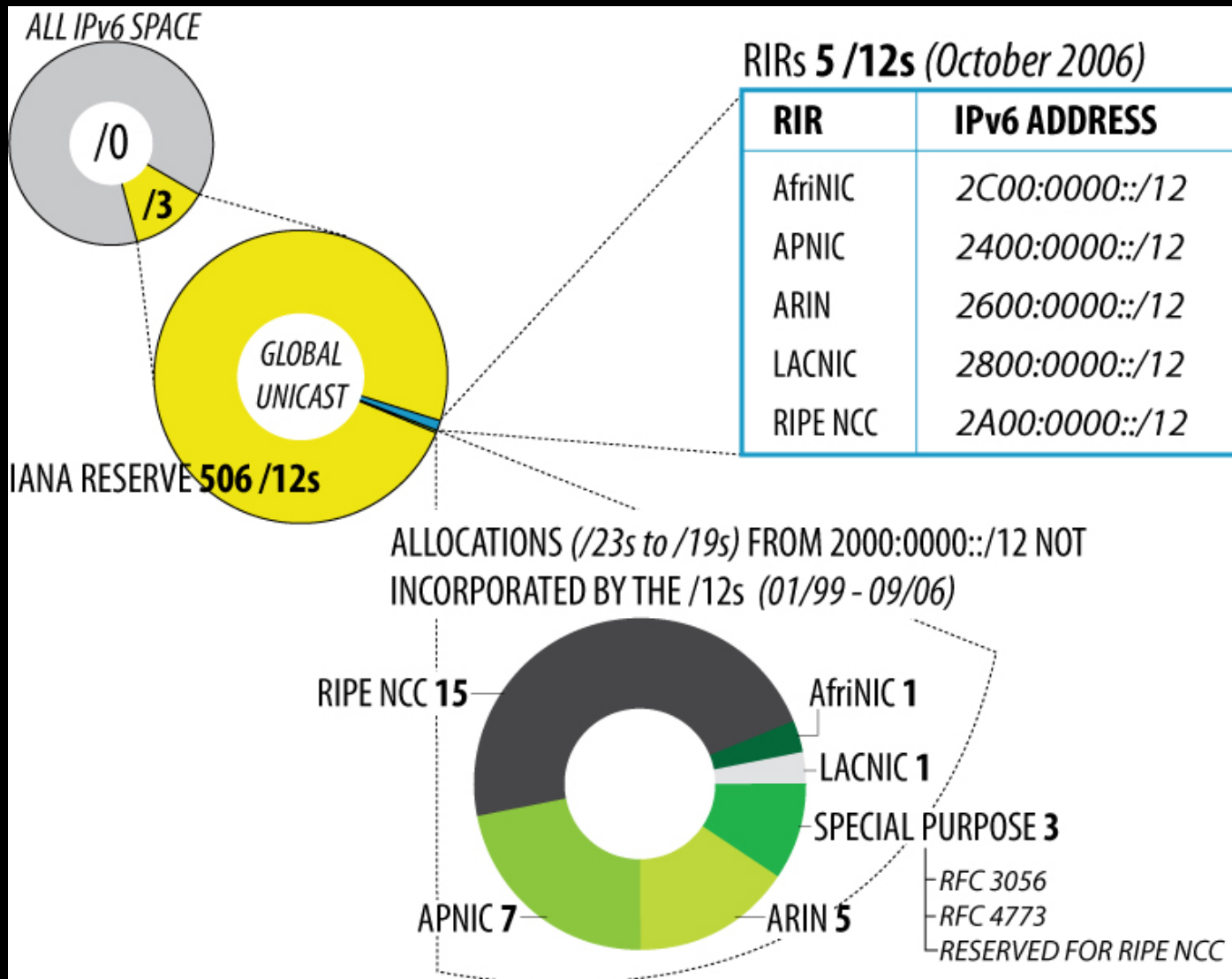
Definido en la RFC 3587

El prefijo global es un valor asignado a una zona (ISP, Organización, conjunto de redes)

Ha sido diseñado con una estructura jerárquica en mente

Direccionamiento IPv6

Asignación de direcciones IPv6



Fuente: NRO Internet Number Resource Report (28/08/2008)

Direccionamiento IPv6

¿Cómo se gestionan las direcciones IP?

ICANN (1999)

IANA (1981)
(Internet Assigned
Numbers Authority)

ARIN (1995)

American
Registry
for Internet
Numbers

Virginia, USA

APNIC (1993)

Asian-Pacific
Network
Information
Center

Brisbane, Australia

RIPE-NCC (1992)

Réseaux IP
Européens

Amsterdam, Holanda

LACNIC (2002)

Latin America
Network
Information
Center

Montevideo, Uruguay

AFRICNIC (2005)

Africa
Network
Information
Center

Ebène, Mauritius

Number Resource Organization (**NRO**) - 2003

Registros locales de Internet (LIR), Registros Nacionales de Internet (NIR), Proveedores de Servicios de Internet (ISP), Infraestructuras críticas (NAP, IX, RIR, ccTLD, rootDNS), Organizaciones (end-user)

Computadoras, dispositivos móviles, dispositivos móviles, consolas de juego, etc.

Direccionamiento IPv6

Políticas de asignación IPv6 (por RIR)

LACNIC:

<http://lacnic.net/sp/politicas/manual5.html>

AfriNIC:

<http://www.afrinic.net/docs/policies/afpol-v6200407-000.htm>

APNIC:

<http://www.apnic.org/policy/ipv6-address-policy.html>

ARIN:

<http://www.arin.net/policy/nrpm.html#ipv6>

RIPE-NCC:

<http://www.ripe.net/ripe/docs/ipv6policy.html>



ISP/LIRs/End-User por defecto reciben un bloque /32 desde el registro regional correspondiente. Puede solicitarse otro prefijo si se justifica.

Asignaciones típicas:

/48 usado dentro de la red de ISP/LIR, con excepciones para infraestructura crítica se distribuyen bloques /48 a /128 para usuarios finales

(ver recomendaciones RFC3177 y políticas de los RIRs)

- /48 caso general, /47 para redes grandes (si se justifica)
- /64 subred única
- /128 solo si se conectará un único dispositivo

Direccionamiento IPv6

Ejemplo de asignación de direcciones IPv6

IANA

2800:0000::/12

LACNIC

2800:641::/32

ISP

Prefijo ruteable global (ISP)

2800:0641:29A6::/48

Organización 1
(end user)

2800:0641:29AC::/48

Organización N
(end user)

2800:0641:29AC:1A27::/64

Subred 1

Organización

Subred m

Interfaz-ID

/128

2800:0641:29AC:1A3D::/64

Neighbor discovery



1 - ICMP Type = 133 (RS)

2 - ICMP Type = 134 (RA)

Neighbor Discovery tiene 5 tipos de mensaje:

Router Advertisement (RA): Los enrutadores periodicamente anuncian estos paquetes que incluyen Prefijo de red, TTL, MTU, etc

Router solicitation (RS): Un dispositivo solicita un router advertisement

Neighbor solicitation (NS): permite determinar la dirección de nivel de enlace de un vecino, chequear su alcanzabilidad y detectar direcciones duplicadas

Neighbor Advertisement (NA): respuesta a NS, también anuncia cambio de dirección física

Redirección: Se emplea para indicar a un dispositivo, acerca de un mejor camino para un enlace dado

ICMPv6

ICMPv6. Resolución de direcciones

Para resolver direcciones, todos los nodos tienen que unirse a 2 grupos especiales de multicast:

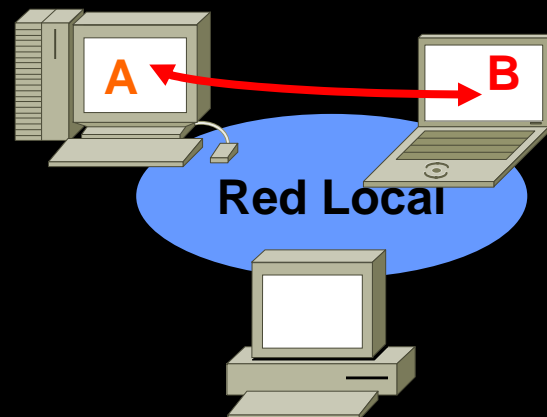
ff02::1 (todos los nodos)

grupo multicast de nodo solicitado: Combinación del prefijo FF02::1 con los últimos 24 bits de la dirección IPv6 (empleado para resolver direcciones de enlace local de otros dispositivos en la red)

Ej: **FE80::212:7FFF:FEFF:31C0** (dirección de enlace local) **FF02::1:FFFF:31C0** (dirección multicast de nodo correspondiente)

A conoce la dirección IP de B

- 1- A construye la dirección de nodo solicitado de B
- 2- A envía Neighbor solicitation a la dirección multicast de nodo solicitado de B
- 3- B recibe la trama con el paquete NS
- 4- B responde con un Neighbor Advertisement a A (en modo unicast)



ICMPv6

Autoconfiguración de direcciones IPv6

La autoconfiguración IPv6 solo puede ocurrir en enlaces que permitan tráfico **multicast**
RFC 4862: IPv6 Stateless Address Autoconfiguration

Pasos para realizar la autoconfiguración

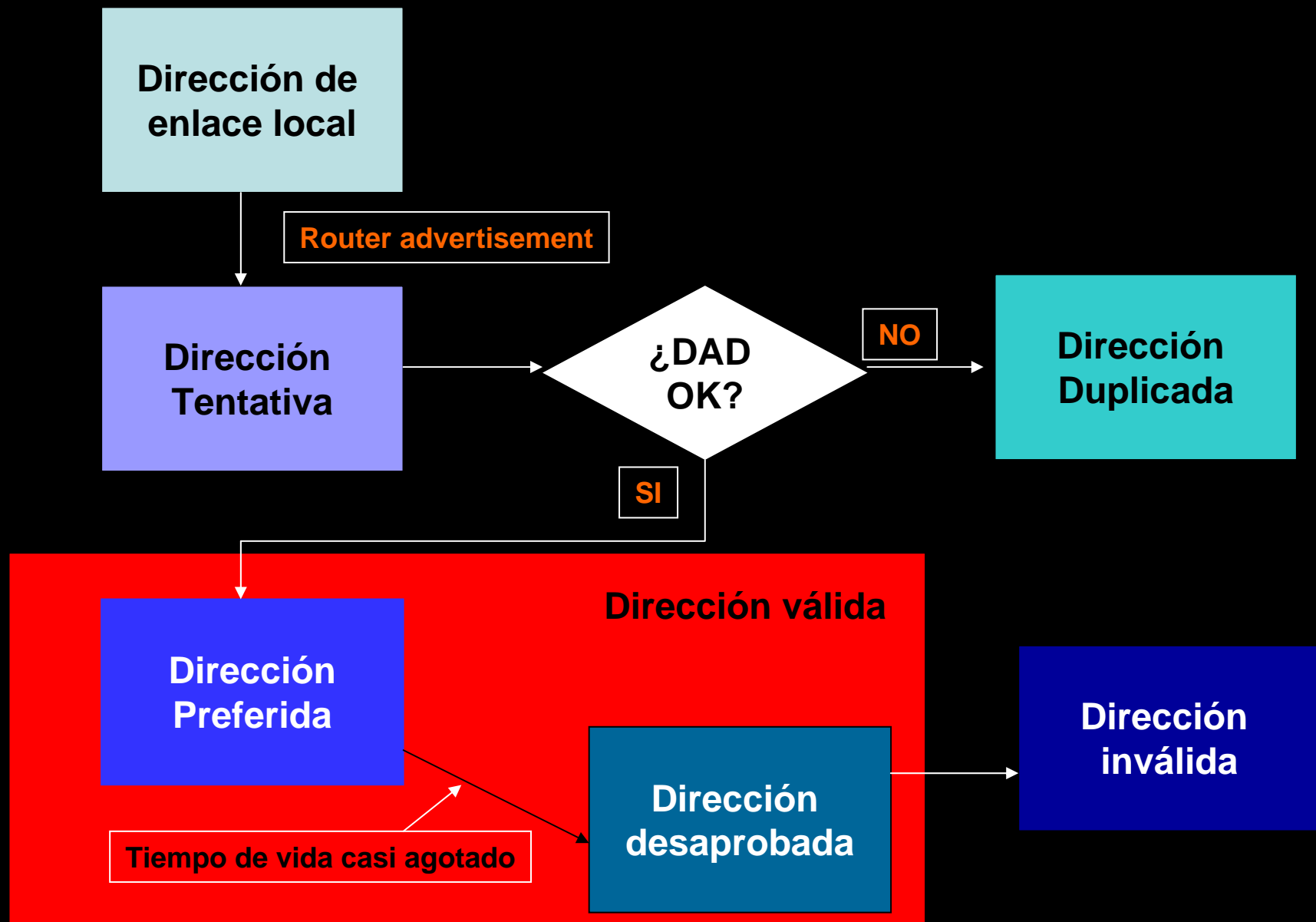
- 1- Nodos IPv6 generan una dirección "tentativa" de enlace local (RFC 4291)
- 2- Nodos verifican que esa dirección "tentativa" no esté en uso en la red enviando un mensaje de tipo "neighbor solicitud" (proceso de detección de direcciones duplicadas (DAD))
- 3- Si no se detectan direcciones duplicadas, se asume la dirección de enlace local como válida y se asigna a la interfaz correspondiente
- 4- El (los) router(s) en la red envían frecuentes anuncios de tipo Router Advertisement. Si no se "escuchan", el nodo IPv6 envía un Router solicitation al grupo multicast "All routers" FF02::2
- 5- El nodo recibe uno o mas prefijos de red en el mensaje Router Advertisement, así como otros parámetros (tiempo de validez de la información, MTU del enlace, dirección de enlace local del router, etc)
- 6- El nodo genera una dirección "tentativa" de alcance global para cada prefijo recibido
- 7- Cada nodo realiza el proceso de detección de direcciones duplicadas, antes de asignarlas a la interfaz correspondiente
- 8- El nodo sigue procesando los mensajes Router Advertisenment que reciba

Nota: Pueden recibir datos acerca de servidores de DNS implementando Recursive DNS (RDNSS) RFC 5006

Nota2: Puede combinarse con DHCPv6 (RFC3315)

Direccionamiento IPv6

Ciclo de vida de una dirección IPv6 autoconfigurada



Direccionamiento IPv6

Direcciones IPv6 en cada nodo

Un nodo IPv6 tiene que tener las siguientes direcciones:

- Dirección de enlace local para **cada interfaz**
- Todas las direcciones **unicast y anycast** que se hayan configurado (**manual o automáticamente**) en cada interfaz
- **Loopback**
- Direcciones multicast
 - todos los nodos (**FF02::1**)
 - nodo solicitado
- Direcciones multicast de todos los grupos a los que pertenezca

Ejemplo de configuración IPv6 (Enrutador Cisco)

```
ipv6 unicast-routing
!
!
interface FastEthernet0/0
ip address 10.46.2.2 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
ipv6 address 2001:DB8:1000::1/64
ipv6 enable
```

```
Router2#show ipv6 interface
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is
FE80::212:7FFF:FEFF:31C0
Global unicast address(es):
2001:DB8:1000::1, subnet is 2001:DB8:1000::/64
Joined group address(es):
FF02::1
FF02::2
FF02::1:FFFF:31C0
MTU is 1500 bytes
ICMP error messages limited to one every 100
milliseconds
ICMP redirects are enabled
ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
ND reachable time is 30000 milliseconds
ND advertised reachable time is 0 milliseconds
ND advertised retransmit interval is 0 milliseconds
ND router advertisements are sent every 200
seconds
ND router advertisements live for 1800 seconds
Hosts use stateless autoconfig for addresses.
```

Direccionamiento IPv6

Algunos de los grupos de multicast más empleados en IPv6

Multicast Address	Scope	Group Within the Scope
FF01:0:0:0:0:0:0:1	Node-local	All-nodes address
FF01:0:0:0:0:0:0:2	Node-local	All-routers address
FF02:0:0:0:0:0:0:1	Link-local	All-nodes address
FF02:0:0:0:0:0:0:2	Link-local	All-routers address
FF02:0:0:0:0:0:0:5	Link-local	OSPF IGP
FF02:0:0:0:0:0:0:6	Link-local	OSPF IGP designated routers
FF02:0:0:0:0:0:0:D	Link-local	All PIM routers
FF02:0:0:0:0:0:0:16	Link-local	All MLDv2-capable routers
FF02:0:0:0:0:0:1:2	Link-local	All DHCP agents
FF02:0:0:0:0:1:FFXX:XXXX	Link-local	Solicited-node address
FF05:0:0:0:0:0:0:2	Site-local	All-routers address
FF05:0:0:0:0:0:1:3	Site-local	All DHCP servers

Ejemplo de configuración IPv6 (Windows XP)

```
C:\Documents and Settings\Admin>ipv6 install
```

```
Instalando...
```

```
Finalizado con éxito.
```

```
C:\Documents and Settings\Admin>ipconfig
```

```
Configuración IP de Windows
```

```
Adaptador Ethernet Conexión de área local :
```

```
  Sufijo de conexión específica DNS : talleripv6.cu
```

```
  Dirección física. . . . . : 00-0F-B0-65-E1-B1
```

```
  Dirección IP. . . . . : 10.46.2.195
```

```
  Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
```

```
  Dirección IP. . . . . : 2001:db8:1000:0:293e:443c:7629:66a0
```

```
  Dirección IP. . . . . : 2001:db8:1000:0:20f:b0ff:fe65:e1b1
```

```
  Dirección IP. . . . . : fe80::20f:b0ff:fe65:e1b1%5
```

```
  Puerta de enlace predeterminada : 10.46.2.2
```

```
                                fe80::212:7fff:feff:31c0%5
```

Direccionamiento IPv6

Algunos comandos IPv6 (Enrutador Cisco)

Router2#**show ipv6 routers**

Router **FE80::212:80FF:FE3D:1220** on FastEthernet0/0, last update 1 min
Hops 64, Lifetime 1800 sec, AddrFlag=0, OtherFlag=0, MTU=1500
HomeAgentFlag=0, Preference=Medium
Reachable time 0 msec, Retransmit time 0 msec
Prefix **2001:B00:F800:4001::/64** onlink autoconfig
Valid lifetime 2592000, preferred lifetime 604800
Prefix **2001:1340:8000::/64** onlink autoconfig
Valid lifetime 2592000, preferred lifetime 604800

Router2#**show ipv6 neighbors**

IPv6 Address	Age	Link-layer Addr	State	Interface
FE80::290:27FF:FE10:BCD6	0	0090.2710.bcd6	REACH	Fa0/0
FE80::9D9D:1096:F82D:D83A	17	001f.3c5e.4424	STALE	Fa0/0
FE80::20F:B0FF:FE65:E1B1	8	000f.b065.e1b1	STALE	Fa0/0
FE80::200:E2FF:FE21:73AA	11	0000.e221.73aa	STALE	Fa0/0

Direccionamiento IPv6

Algunos comandos IPv6 (Windows XP/Linux)

```
C:\Documents and Settings\Admin>ping6 ff02::1
```

```
Haciendo ping ff02::1
```

```
de fe80::20f:b0ff:fe65:e1b1%5 con 32 bytes de datos:
```

```
Respuesta desde fe80::213:72ff:fe5e:1f8%5: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Respuesta desde fe80::260:97ff:fe5a:5be%5: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Respuesta desde fe80::208:2ff:fea2:bcbf%5: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Respuesta desde fe80::208:2ff:fea2:bcbf%5: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Estadísticas de ping para ff02::1:
```

```
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),  
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
```

```
Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

```
[aadmon@taller aadmon]$ /usr/sbin/ping6 -l eth0 ff02::1
```

```
PING ff02::1(ff02::1) from fe80::200:e2ff:fe21:73aa eth0: 56 data bytes
```

```
64 bytes from ::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.078 ms
```

```
64 bytes from fe80::212:80ff:fe3d:1220: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.416 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::20f:b0ff:fe65:e1b1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.475 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::260:97ff:fe5a:5be: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.583 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::208:2ff:fea2:bcbf: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.600 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::290:27ff:fe10:bcd6: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.691 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::211:11ff:fe80:ea6: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.11 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::212:7fff:feff:31c0: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.77 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::213:72ff:fe5e:1f8: icmp_seq=1 ttl=64 time=4.84 ms (DUP!)
```

Direccionamiento IPv6

Algunos comandos IPv6 (Windows XP/Linux)

```
[aadmon@6ip aadmon]$ /usr/sbin/ping6 -l eth0 ff02::2
PING ff02::2(ff02::2) from fe80::200:e2ff:fe21:73aa eth0: 56 data bytes
64 bytes from fe80::212:80ff:fe3d:1220: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.328 ms
64 bytes from fe80::212:7fff:feff:31c0: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.12 ms (DUP!)
64 bytes from fe80::212:80ff:fe3d:1220: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.329 ms
64 bytes from fe80::212:7fff:feff:31c0: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.11 ms (DUP!)
```

```
C:\>netsh interface ipv6 show neighbors
```

```
Interfaz 5: Conexión de área local
```

Dirección de Internet	Dirección física	Tipo
fe80::200:e2ff:fe21:73aa	00-00-e2-21-73-aa	Obsoleto
ff02::2	33-33-00-00-00-02	Permanentes
fe80::20f:b0ff:fe65:e1b1	00-0f-b0-65-e1-b1	Permanentes
ff02::1	33-33-00-00-00-01	Permanentes
fe80::212:80ff:fe3d:1220	00-12-80-3d-12-20	Obsoleto (enrutador)
2001:db8:1000:0:20f:b0ff:fe65:e1b1	00-0f-b0-65-e1-b1	Permanentes
2001:db8:1000:0:293e:443c:7629:66a0	00-0f-b0-65-e1-b1	Permanentes
fe80::212:7fff:feff:31c0	00-12-7f-ff-31-c0	Obsoleto (enrutador)

Direccionamiento IPv6

Sistemas operativos con soporte IPv6

Sistemas operativos con soporte IPv6: Microsoft Windows Vista, Windows Server 2008, Windows Server 2003, Windows XP, Windows CE (4.1 o superior), Red Hat Linux (7 o superior), Debian, SUSE Linux (10.x o superior), Fedora, Ubuntu, FreeBSD (4 o superior), HP-UX, Apple MAC OS, Sun Solaris (8 o superior), Tru64 UNIX, Symbian (7 o superior)

Mercado total de sistemas operativos (Junio 2008)

Fuente: <http://marketshare.hitslink.com/>

Windows XP 71.20%

Windows Vista 16.14%

MacIntel 5.25%

Mac OS 2.69%

Windows 2000 2.11%

Linux 0.80%

Plataformas de red con soporte IPv6

Los tres primeros sistemas operativos empleados en teléfonos móviles soportan IPv6:

Linux (<http://www.linux.org/>)

Symbian (<http://www.symbian.com>)m

Windows Mobile (<http://www.microsoft.com/windowsmobile/default.msp>)x

Los principales fabricantes de plataformas de red están listos para IPv6: Cisco, Foundry, Juniper, Alaxala, Huawei, and Nortel (IPv6 Ready Logo, www.ipv6ready.org)



IPv6: una evolución dentro del mundo IP

Espacio de direcciones de 128 bits	Mayor cantidad de usuarios en la red
Restaurar el modelo de comunicación "extremo a extremo en Internet"	Mejor comunicación -Los extremos se ocupan de la información, la red solo de encontrar como encaminarla -Mejor eficiencia en el manejo de los paquetes de datos -Ubicuidad
Multidifusión (<i>multicast</i>) como tecnología nativa	Potencia las aplicaciones de difusión de contenido (<i>IPTV, video bajo demanda...</i>)
Opciones para tener calidad de servicio	Necesario para proyectos de Redes de Próxima Generación (NGN)
Soporte nativo a movilidad	Comunicación móvil sobre IP (<i>NGN, Broadband IP</i>)
Seguridad IP (IPSec) nativa	Garantiza seguridad de extremo a extremo
Mejores opciones para autoconfiguración	Verdadero "plug and play", soporte a redes domésticas, dispositivos de consumo y objetos inteligentes