

INGENIERÍA DE REDES

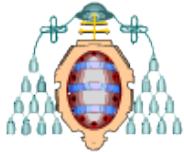
Grado en Ingeniería Informática

Tema 1:

Arquitectura de la red Internet

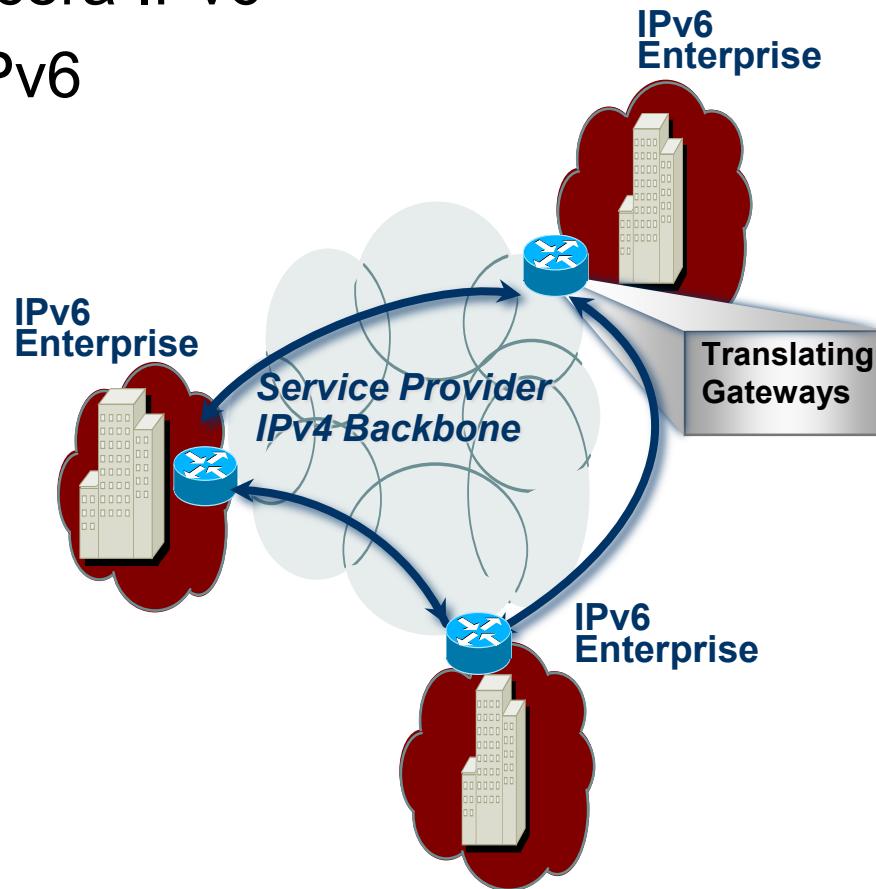
IPv6

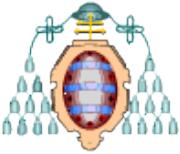
Roberto García Fernández
Área de Ingeniería Telemática
Universidad de Oviedo



Índice

- Nociones sobre Internet, IPv4, IPv6
- Formato de la cabecera IPv6
- Direccionamiento IPv6
- Autoconfiguración
- Conclusiones

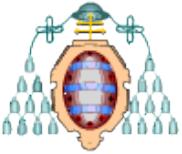




Frases famosas

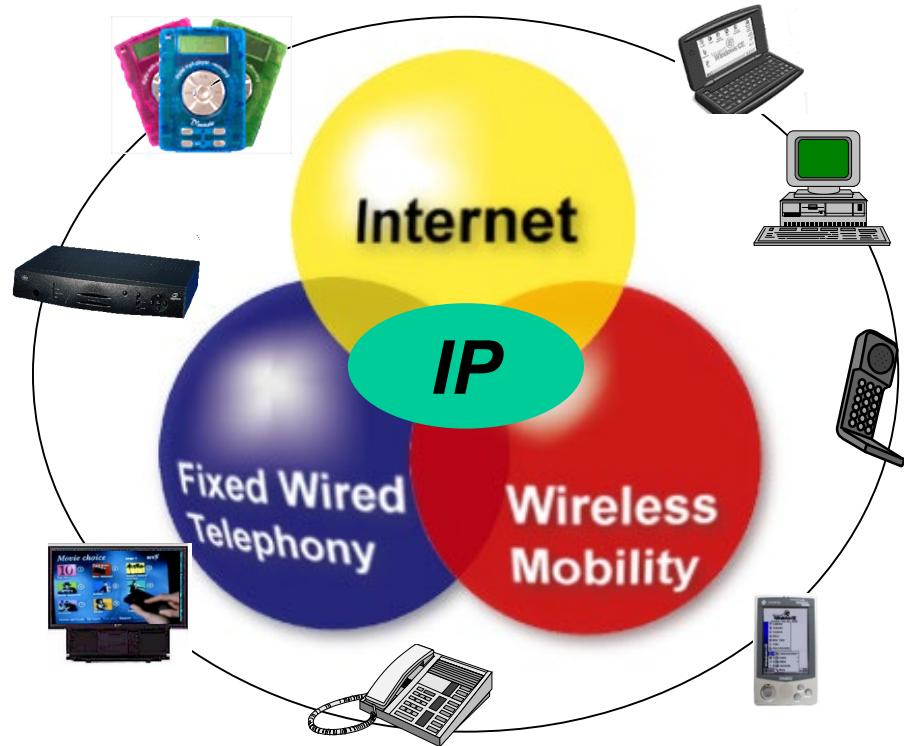
- “Pienso que el mercado mundial de ordenadores puede ser de 5 unidades”
 - Thomas Watson, Presidente de IBM 1943
- “640 KB de memoria han de ser suficientes para cualquier usuario”
 - Bill Gates, Presidente de Microsoft, 1981
- “32 bits proporcionan un espacio de direccionamiento suficiente para Internet”
 - Dr. Vinton Cerf, padre de Internet, 1977

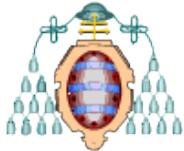




Internet hoy

- Redes de nueva generación
- Diferentes infraestructuras de red unidas por un protocolo común (IP)
- Web, email, audio & video
- Aplicaciones adaptadas a la tecnología existente
- Millones de usuarios y dispositivos
- Sociedad de la información con “*Always-on Network*”

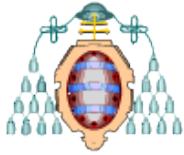




Dispositivos con IP

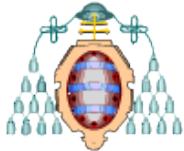
- Teléfonos (VoIP)
- Televisión y radio con IP
- Sistemas de seguridad, televigilancia y control
- Frigoríficos
 - Lista de compra
 - Pedido supermercado
 - Supermercado virtual y elección compra
- Despertadores calculan hora de levantarse en función de incidencias en desplazamiento
- Walkman MP3
- Nuevas tecnologías: WAP, redes inalámbricas, redes domésticas
- Sistemas de alarmas
- Dispositivos de control médico, marcapasos, ...





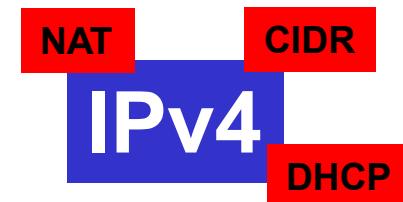
¿Porqué IPv6?

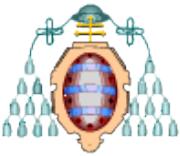
- Limitaciones de IPv4
- Espacio de direcciones IPv4
 - 32 bits: 4.294.967.296 direcciones IP
 - Falta de coordinación agrava situación
 - Falta de direcciones
 - Asia, Europa: Situaciones críticas
- Utilización de direcciones IP por usuarios
 - 10:1 → 1:1 → 1:50 → 1:100 (Always On)



Motivación para IPv6

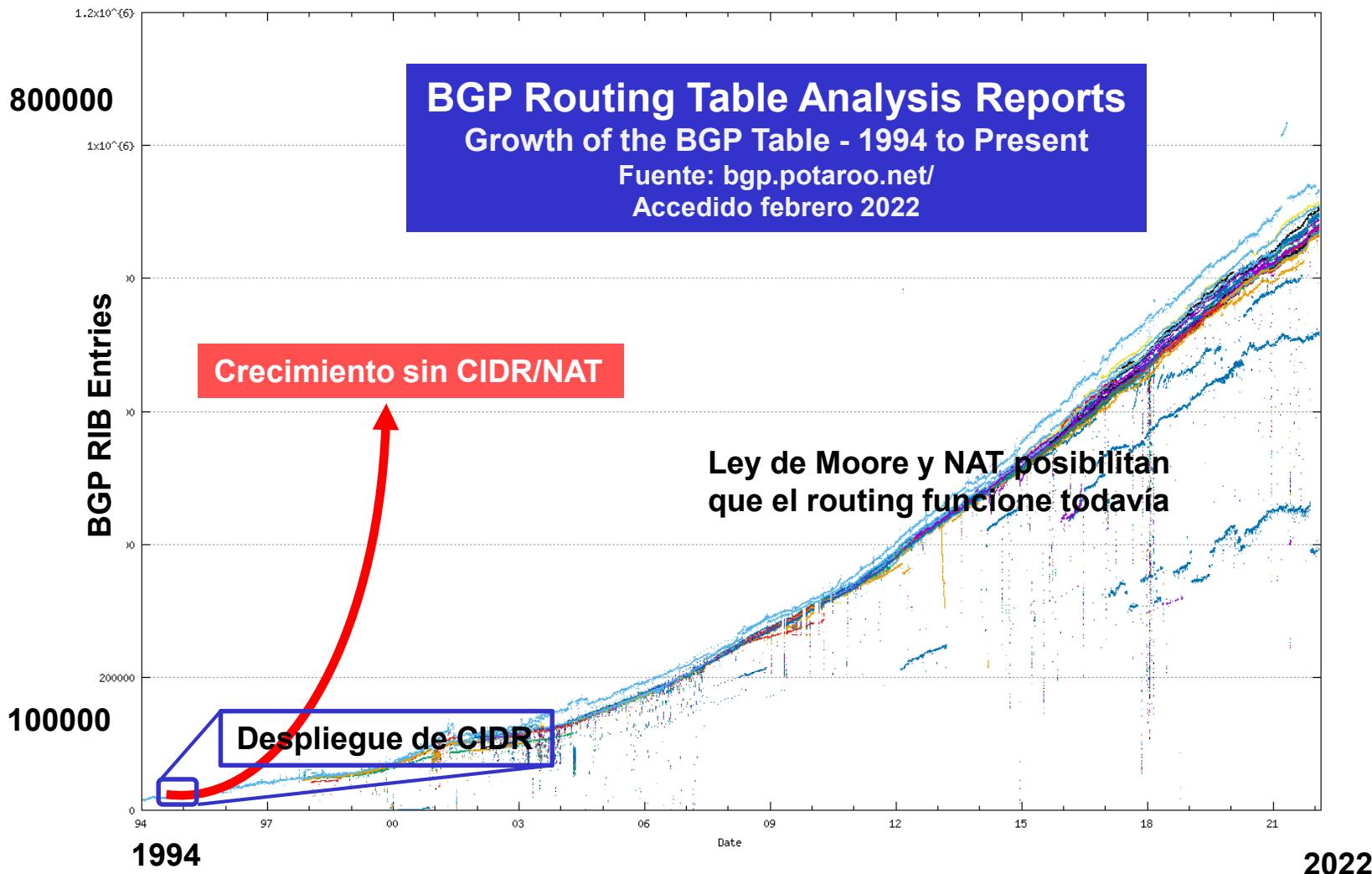
- Direcciones IPv4 se están terminando
 - Técnica de distribución dificulta la obtención de las direcciones necesarias
 - Efectos más acusados en otros países que en USA
- Alternativas sólo alargan la situación
 - NAT (Network Address Translation)
 - CIDR (Classless InterDomain Routing)
 - DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
- IPv4 no adecuado para
 - Movilidad
 - Entornos “always-on”
 - Requerimientos para “plug and play”

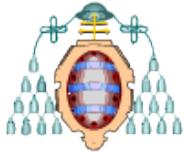




Crecimiento en tablas de routing

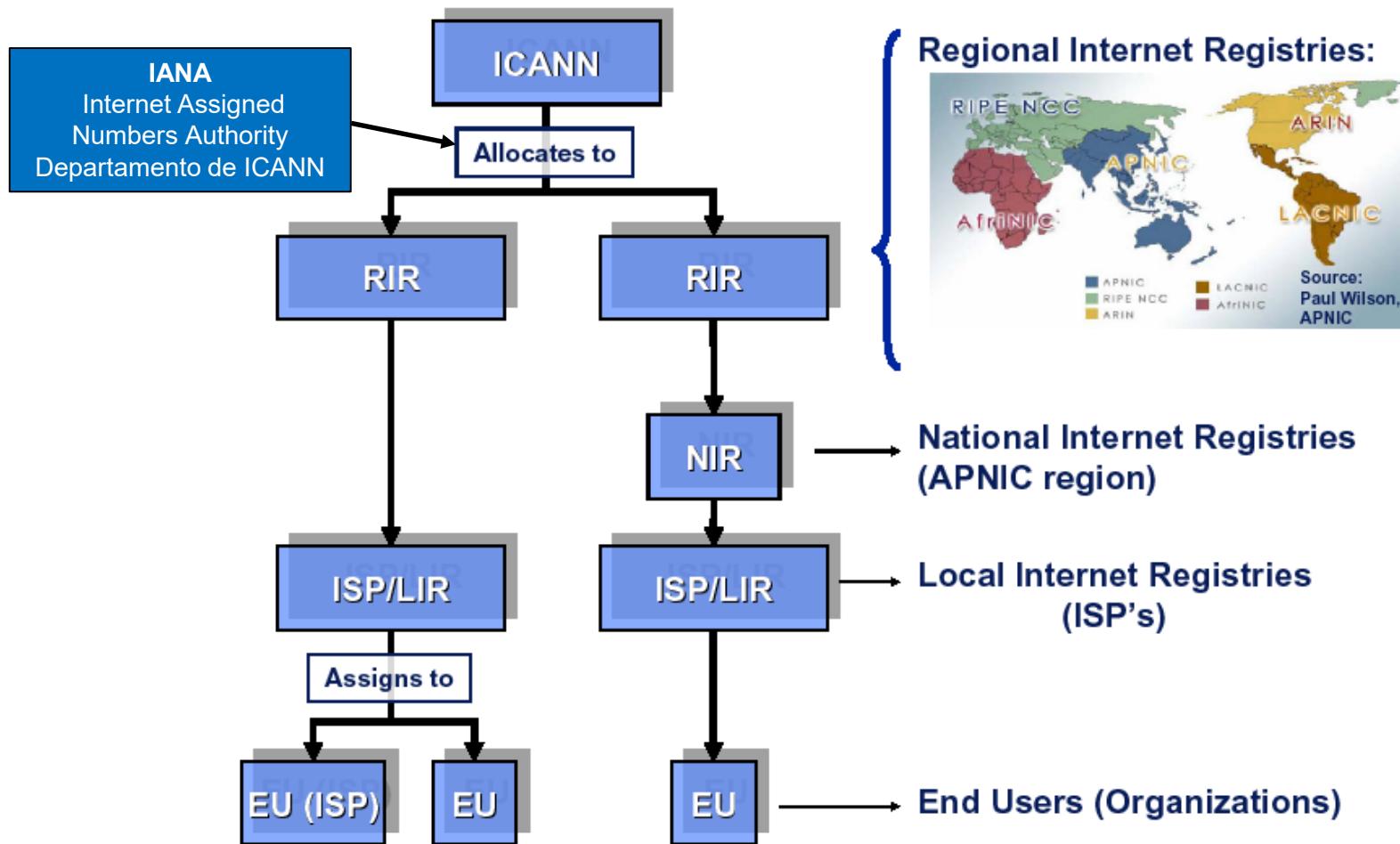
Ingeniería
Telemática

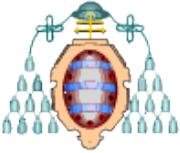




Asignación de direcciones en Internet

Ingeniería
Telemática

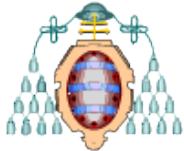




Asignación de direcciones en Internet

Ingeniería
Telemática

- **ICANN** (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)
 - Coordina la asignación de nombres, direcciones IP y otros identificadores utilizados en protocolos (ej: puertos)
 - Coordina el sistema de servidores DNS raíz
- **ICANN** delega rangos de direcciones a los **RIR**
 - **APNIC** (Asia-Pacific Network Information Centre)
 - **ARIN** (American Registry for Internet Numbers)
 - **LACNIC** (Latin-American and Caribbean IP Address Registry)
 - **RIPE NCC** (Réseaux IP Européens)
 - **AfriNIC** (African Regional Internet Registry)
- Los **RIR** asignan directamente rangos a **ISPs** o a usuarios finales (organizaciones)
 - En el caso de APNIC se hace a través de los registros nacionales (NIR)



Agotamiento de direcciones IPv4 en Europa

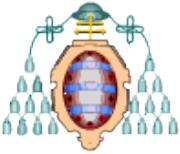
Ingeniería
Telemática

Ministerio de Industria, Energía y Turismo

www.ipv6.es 14/09/2012

El 14 de septiembre de 2012, RIPE NCC, el Registro Regional de Internet para Europa, ha comenzado la asignación de direccionamiento IPv4 del último bloque /8, uniéndose a APNIC (Asia Pacific Network Information Centre) en el agotamiento de direccionamiento IPv4.

En consecuencia, RIPE NCC está ya distribuyendo direcciones IPv4 a los Registros Locales (LIRs) de acuerdo a la sección 5.6 de su Política de Asignación, lo que implica que únicamente se otorgarán segmentos de direcciones IPv4 de capacidad máxima /22 (es decir, 1024 direcciones) a los LIR que lo justifiquen, y que además hayan recibido anteriormente asignaciones IPv6



Agotamiento de direccionamiento IPv4 en Europa

Ingeniería
Telemática

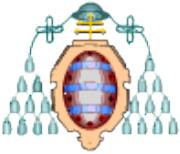
<https://www.ripe.net>

Last updated: 15 Mar 2021

Accedido febrero 2022

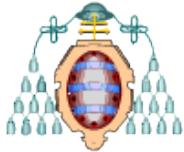
The table below shows some of the changes since we reached the last /8.

When	Date	How IPv4 Requests Are Processed
When we have less than one /8 block of IPv4 addresses remaining	15/09/2012	Each LIR can receive one /22 IPv4 allocation in the form of a single prefix
Once we have no more /22 prefixes	02/10/2019	Each LIR can receive one /22 IPv4 allocation in the form of multiple smaller prefixes (/23s and/or /24s)
Once all available IPv4 address space is exhausted	25/11/2019	LIRs can enter a <u>waiting list</u> to receive one /24 IPv4 allocation when addresses are returned in the future



¿Qué es IPv6?

- Una nueva versión de IP
 - Actualmente Internet se basa en IPv4
 - Internet de nueva generación (IPnG → IPv6)
- Su característica principal es el espacio de direccionamiento
 - 128 bits vs 32
- También soporta de forma nativa
 - Autoconfiguración, Mobile IP optimizado, IPsec, Direccionamiento Anycast
 - IPv4 resolvía con soluciones “*parcheadas*”
- Claridad de diseño
 - Mayor velocidad de procesamiento
 - Disminución de complejidad de cabecera



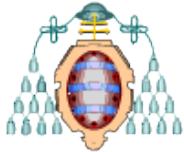
Resumen características IPv6

- **Direccionamiento**
Direcciones de 128 bits asignadas jerárquicamente
- **Encaminamiento**
Jerárquico, basado en agregación de rutas
- **Prestaciones**
Cabecera simple alineada a 64 bits
- **Versatilidad**
Formato flexible de opciones. Extensibilidad mejorada
- **Multimedia**
Mínimas diferencias respecto a IPv4 (Identificación de flujos)
- **Multicast**
Obligatorio. Mejora en control de ámbitos
- **Seguridad**
Soporte autenticación/cifrado obligatorio (IPsec)
- **Autoconfiguración**
Muy mejorada. Soporte para “configuración cero”
- **Movilidad**
Soluciona problemas importantes de MIPv4
Mejora de la eficiencia y seguridad

Seguridad en IPv6

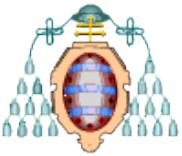


Escaneo de gateways y hosts
Dificultad: Direcciones 128 bits



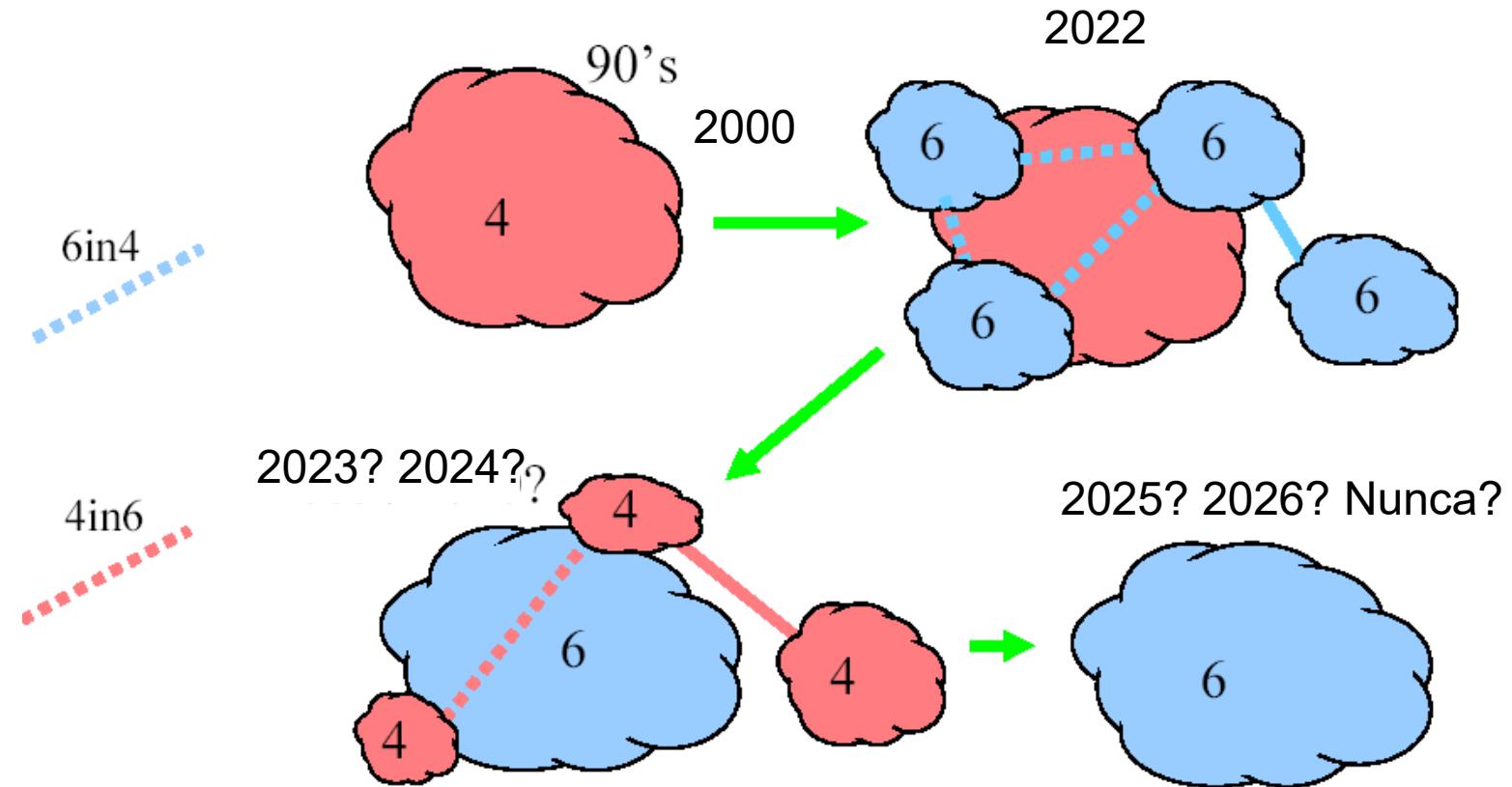
¿Llegará IPv6?

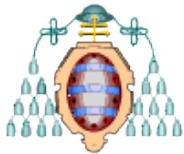
- Hace tiempo, la respuesta sería: “Puede ser”
- Hoy, la respuesta es: “definitivamente”
- Todo está en su lugar
 - Madurez del estándar
 - Soporte por parte de la mayoría de sistemas operativos y proveedores de dispositivos
 - Interés de los proveedores de servicios
 - Necesidad del usuario
 - Requerimientos para futuras infraestructuras wireless
 - Desarrollos comerciales limitados
- Aún con el desarrollo de IPv6, IPv4 seguirá durante muchos años



¿Llegará IPv6?

Ingeniería
Telemática

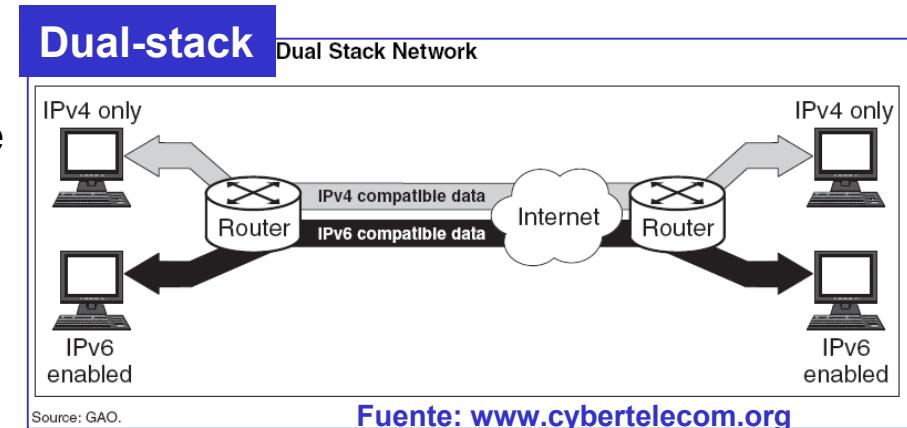




Coexistencia IPv6/IPv4

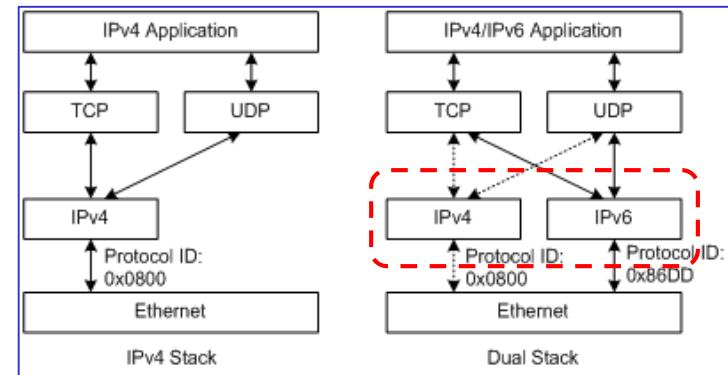
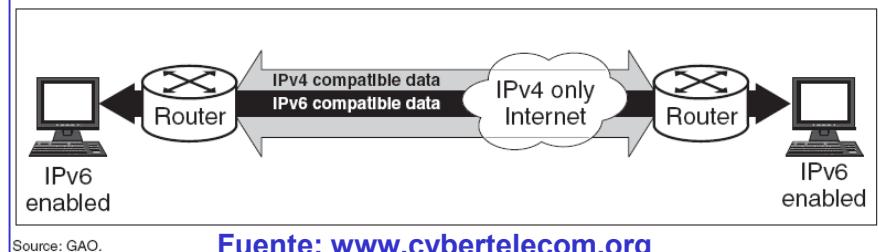
Ingeniería
Telemática

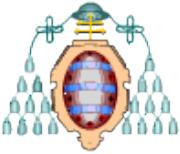
- Dispositivos “Dual-stack”
 - Despliegue de IPv6 e IPv4 sobre la misma infraestructura
- Túneles
 - Nodos o redes IPv6 se comunican sobre las redes IPv4
- Mecanismos de traducción
 - Para comunicar nodos “sólo-IPv4” con nodos “sólo-IPv6”



Tunneling

Tunneling IPv6 Traffic inside an IPv4-Only Internet





Estado de la implantación

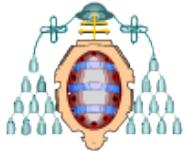
Ingeniería
Telemática

¿Ya se asignan direcciones IPv6?

Si, las mismas entidades (RIPE NCC en nuestro caso), que asignan direcciones IPv4, están asignando IPv6 desde hace varios años, y ello ha permitido que en Europa ya haya varios proveedores de Internet, algunos de los cuales tienen varios millones de usuarios, que ya ofrecen IPv6 en la última milla

- Actualmente productos comerciales y redes nativas IPv6
- Redes de educación
 - Géant, RedIRIS2, Internet2/Abilene
- Redes comerciales
 - Telia/Sonera, Open Transist/France Telecom,...
- ISPs en todo el mundo
- OTAN, DoD, CE, implantación IPv6 en sus redes
- Proyectos de investigación europeos
 - 6NET, Euro6IX

Trabajo de grupo:
Estado de la implantación de IPv6



Proyecto Euro6IX: Backbone Europeo

Ingeniería
Telemática

THD

Euro6IX y 6net proyectos relevantes FP5.

Euro6IX aporta la visión de la Industria.

Euro6IX como escenario precomercial.

Infraestructura Red Europea Nativa

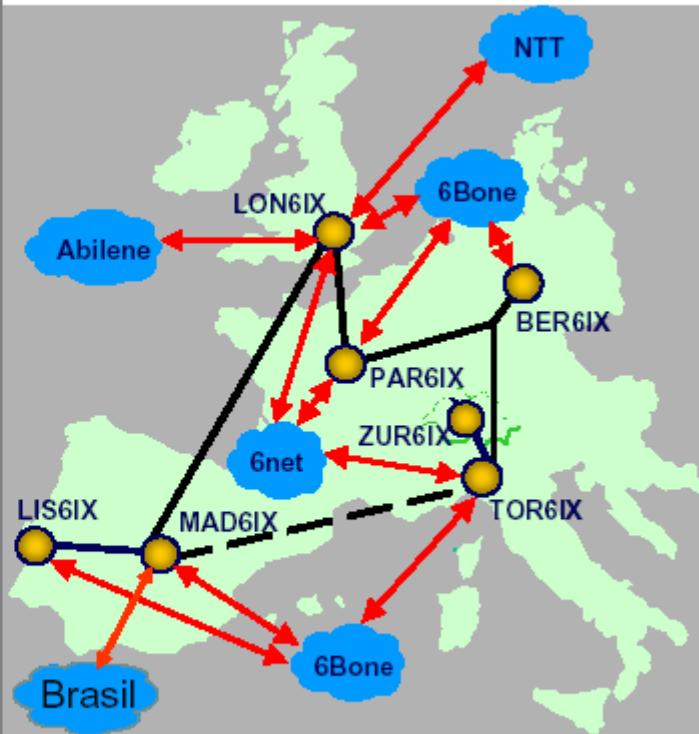
- Enlaces Esponsorizados por operadoras y EC.
- IX Euro6IX comparten Tránsitos otras Redes.
- “Nodos Locales” conectados a los IX.

Nuevas Funcionalidades y Servicios IX

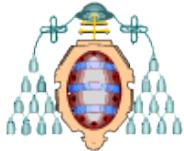
Servicios Red: Nuevos Usos/Aplicaciones

Aplicaciones: Escenario pre-comercial

Usuarios finales pioneros (“Beta-testers”)



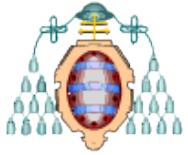
<http://www.euro6ix.com>



Terminología IPv6

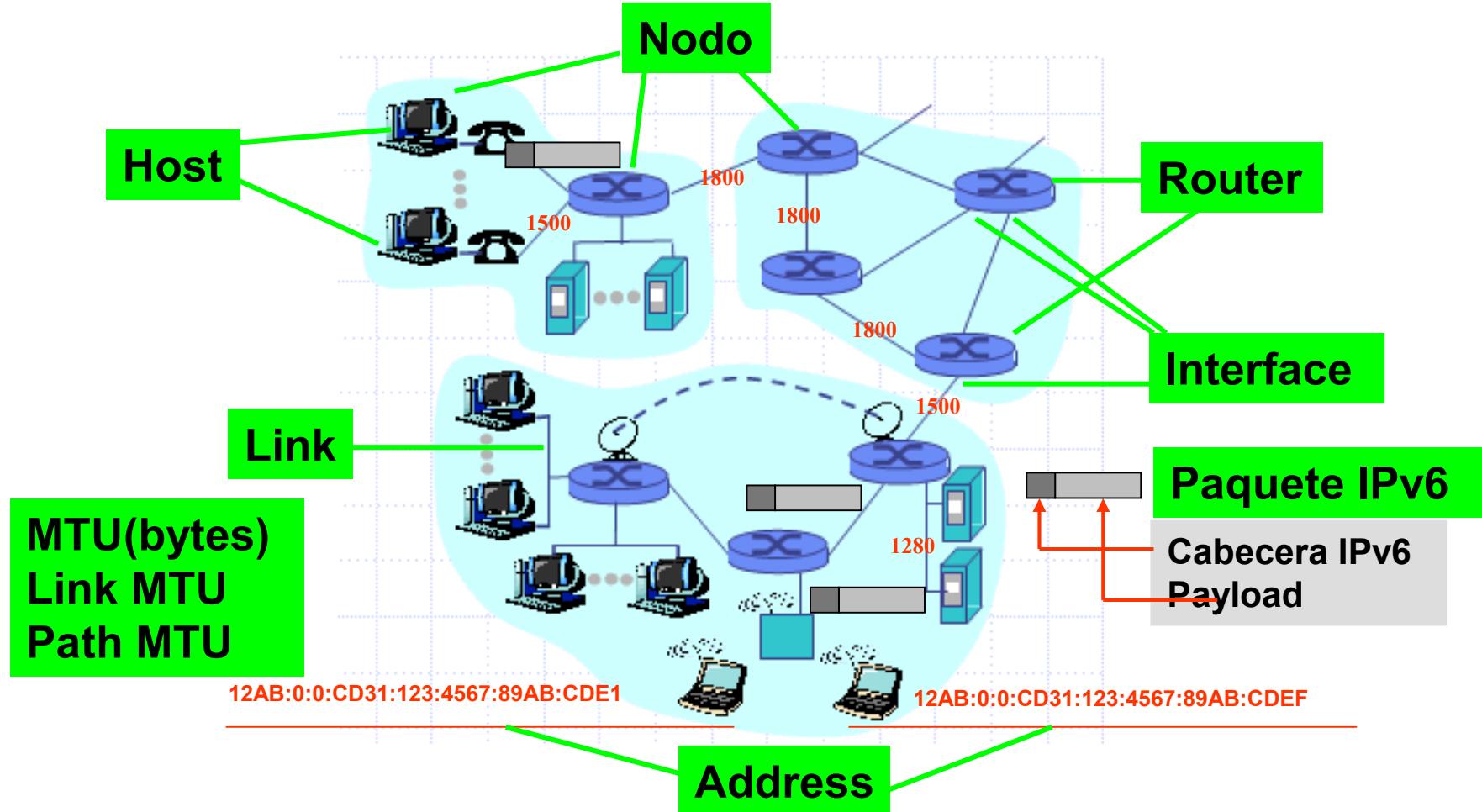
Ingeniería
Telemática

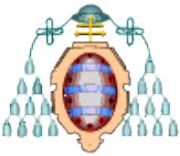
- **Nodo:** Dispositivo que implementa IPv6
- **Router:** Nodo que reenvía paquetes no dirigidos explícitamente a él
- **Host:** Nodo que no es un router
- **Link:** Medio sobre el que los nodos se comunican a nivel de enlace (Ethernet, Token Ring, FR, ATM...)
- **Interface:** conexión de un nodo a un link
- **Address:** Identificador IPv6 para una interface o un conjunto de interfaces
- **Paquete:** Cabecera IPv6 + payload
- **Link MTU:** Máximo tamaño de paquetes (en octetos) que puede admitir un link
- **Path MTU:** Mínimo link MTU de todos los links en el camino entre un nodo fuente y un nodo destino



Terminología IPv6

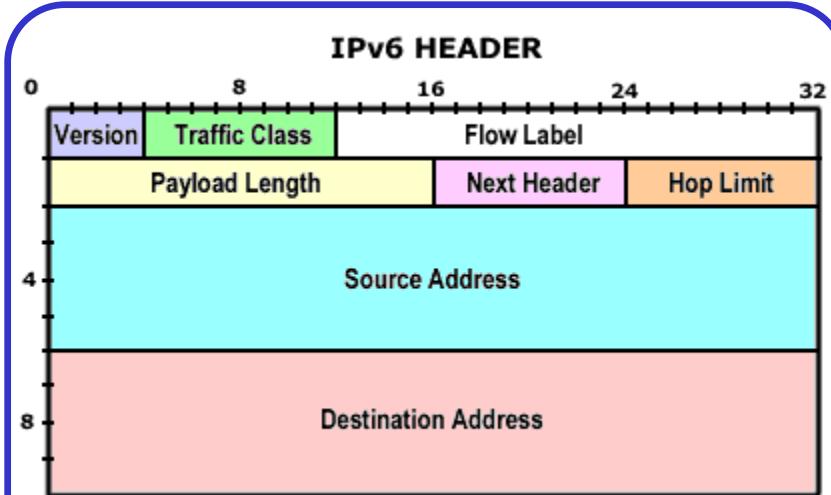
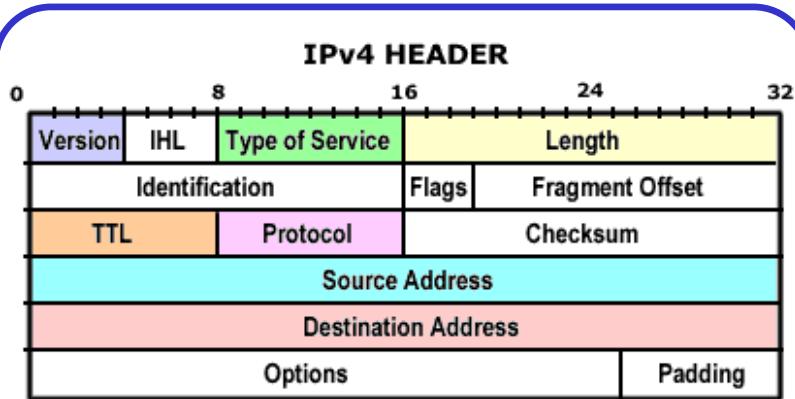
Ingeniería
Telemática





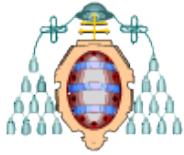
Cabecera IPv6

Ingeniería
Telemática

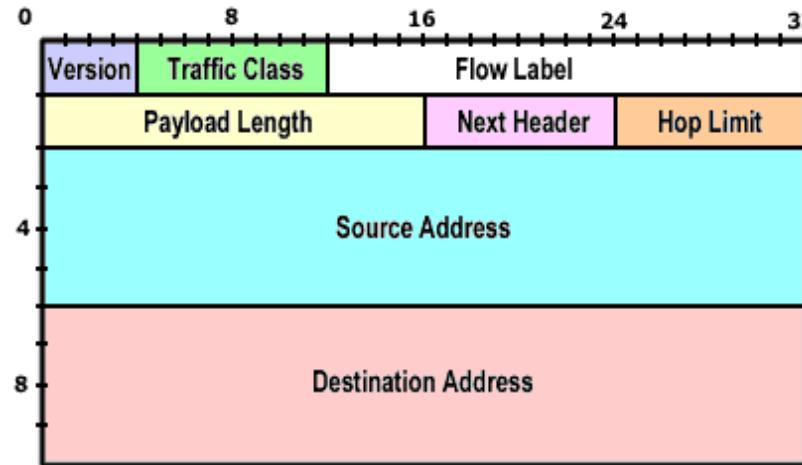


- Longitud variable
- 14 campos diferentes
- 4 bytes de direcciones

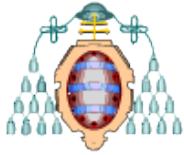
- Cabecera mejor organizada
- 8 campos diferentes
- Inclusión de “flow label”
- 16 bytes de direcciones
- Longitud fija de 40 bytes
- Soporta cabeceras de extensión
- No hay campo de checksum



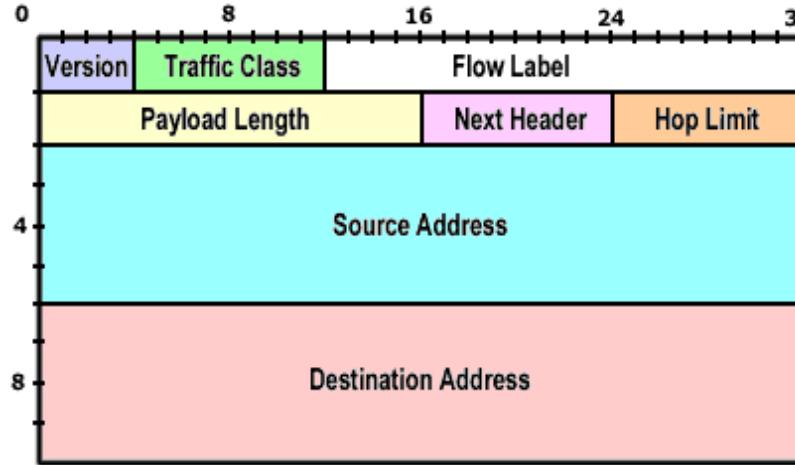
Cabecera IPv6



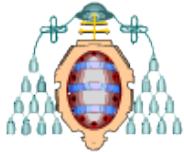
- **Version (4 bits)**
 - 6
 - Diferenciación v4-v6 también en capa de enlace
- **Traffic Class (8 bits)**
 - Igual que ToS en IPv4, aunque con diferente interpretación
- **Flow Label (20 bits)**
 - Permite codificar información de nivel 4 o routing
 - Utilizada cuando capa 4 o 5 están encriptadas (IPsec)
 - Todavía sin definir exactamente. Configurada a 0



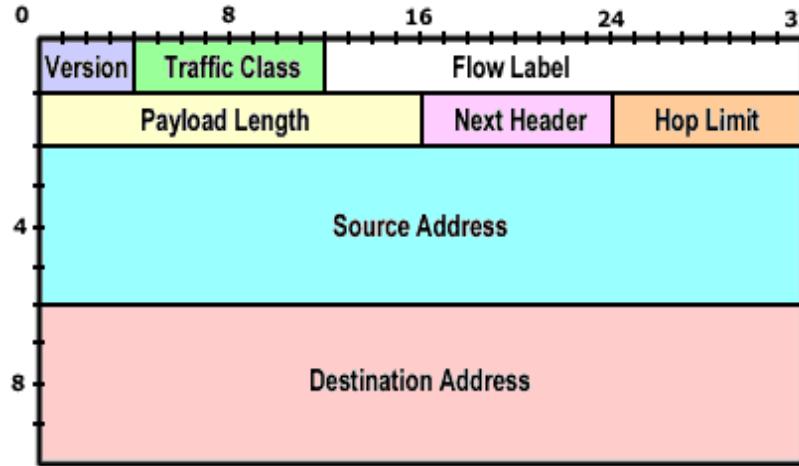
Cabecera IPv6



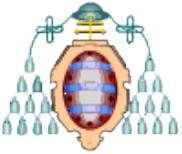
- **Payload Length** (16 bits)
 - Número de bytes a continuación de la cabecera IPv6
- **Next Header** (8 bits)
 - Igual que el campo Next Protocol en IPv4
- **Hop Limit** (8 bits)
 - Similar a TTL en IPv4



Cabecera IPv6

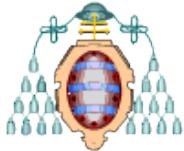


- **Source Address** (128 bits)
 - Dirección IPv6 del remitente
- **Destination Address** (128 bits)
 - Dirección IPv6 del destinatario
- Direccionamiento en IPv6 es *classless*
 - Similar a IPv4 con CIDR
 - Hay un número de bloques especiales:
 - global, multicast, link local, site local



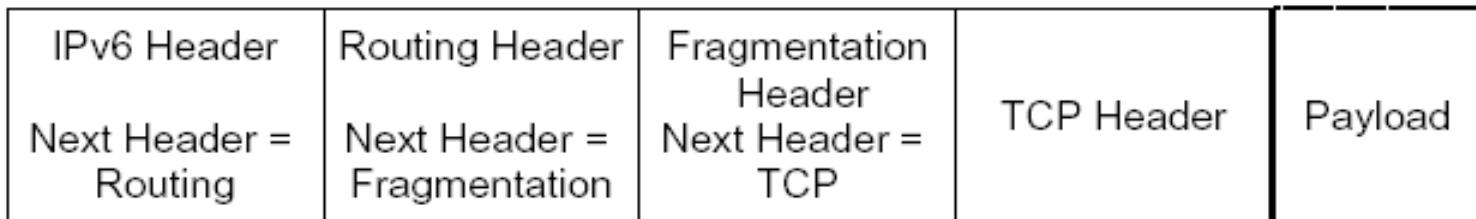
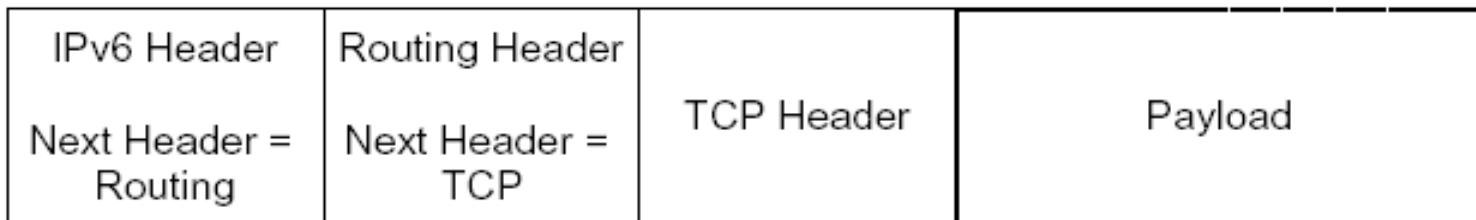
Cabeceras de extensión

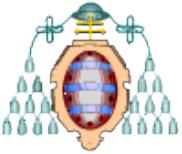
- En lugar de **Options** se usan cabeceras de extensión
 - Despues de cabecera IPv6
 - Antes de cabecera de transporte
- Cabeceras de extensión
 - hop-by-hop
 - destination options
 - routing
 - fragmentation
 - Authentication Header (IPsec AH)
 - Encapsulating Security Payload (IPsec ESP)



Formato Cabeceras de Extensión: Daisy Chaining

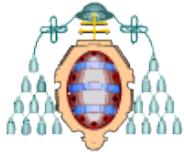
Ingeniería
Telemática





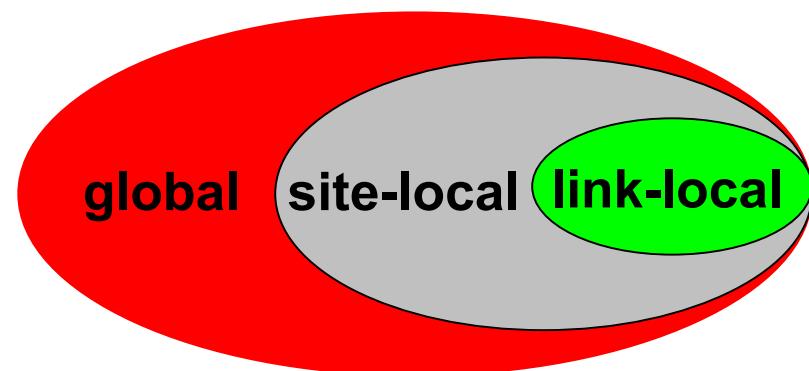
Direccionamiento IPv6

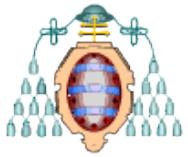
- Todos los tipos de direcciones IPv6 están asignadas a *interfaces*, no a nodos
- Se requiere que todas las *interfaces* tengan, al menos, una dirección *unicast* de ámbito local (*link-local*)
- Una *interface* puede tener asignadas múltiples direcciones IPv6
- Un prefijo de *subnet* está asociado con un *link*. El mismo *link* puede tener asociados múltiples prefijos de *subnet*



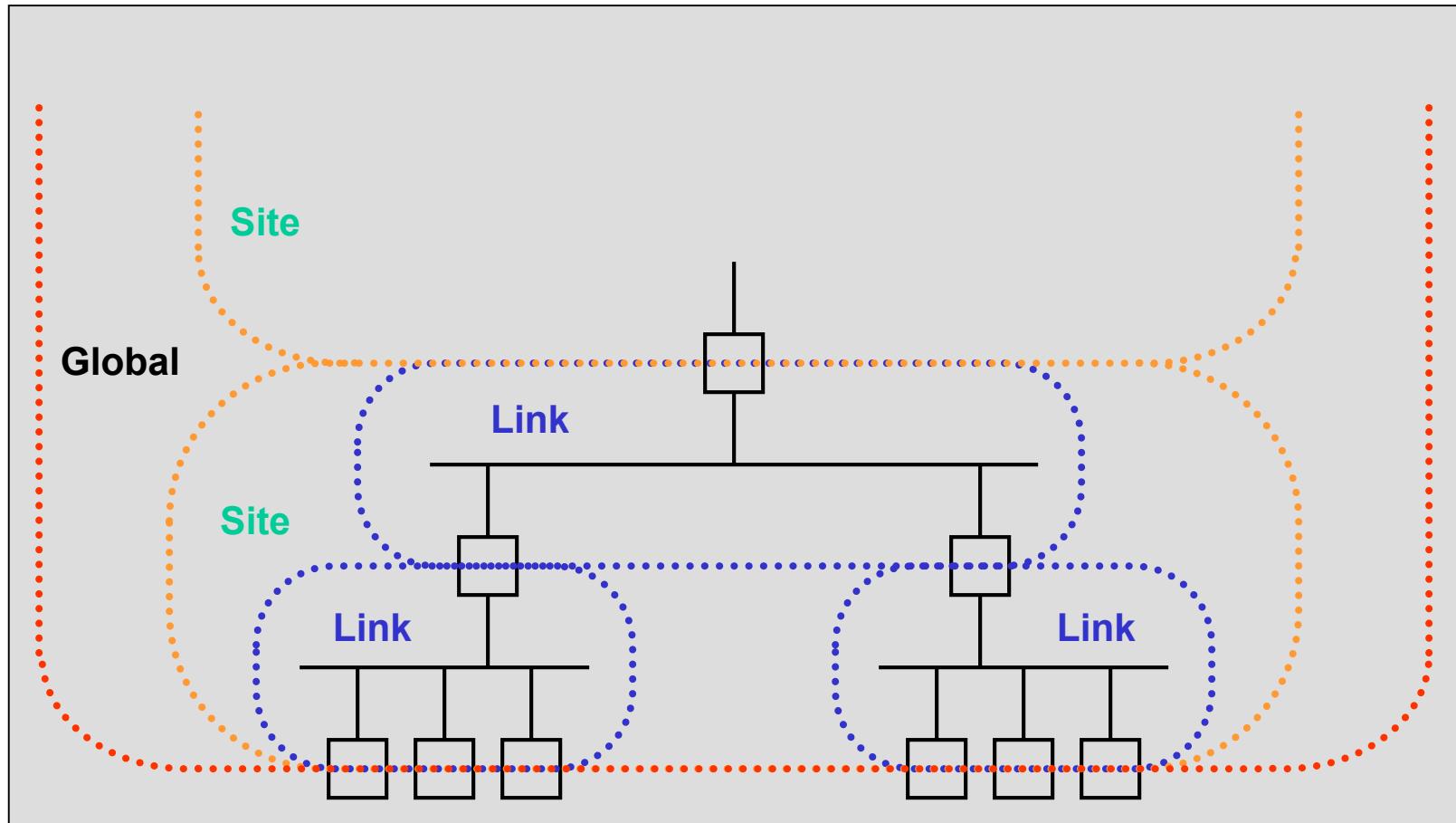
Espacio de direccionamiento

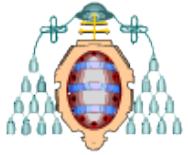
- 128 bits en campo de direcciones
 - $2^{128} = 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456$
 - Cada Angstrom² de superficie terrestre podría tener asignadas 4000 direcciones únicas IPv6
 - 1 Angstrom = 1/10 nanometro
- Ámbito de direccionamiento
 - link-local
 - site-local
 - global





Límites de zonas

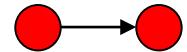




Tipos de direcciones

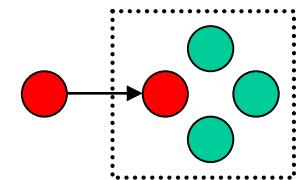
- **Unicast**

- Identificador de una interface. Un paquete enviado a una dirección unicast es entregado en la interface identificada por esa dirección



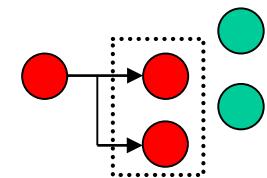
- **Anycast**

- Identificador de un conjunto de interfaces. Un paquete enviado a una dirección anycast es entregado a una de las interfaces identificadas por esa dirección (la más cercana)

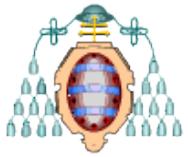


- **Multicast**

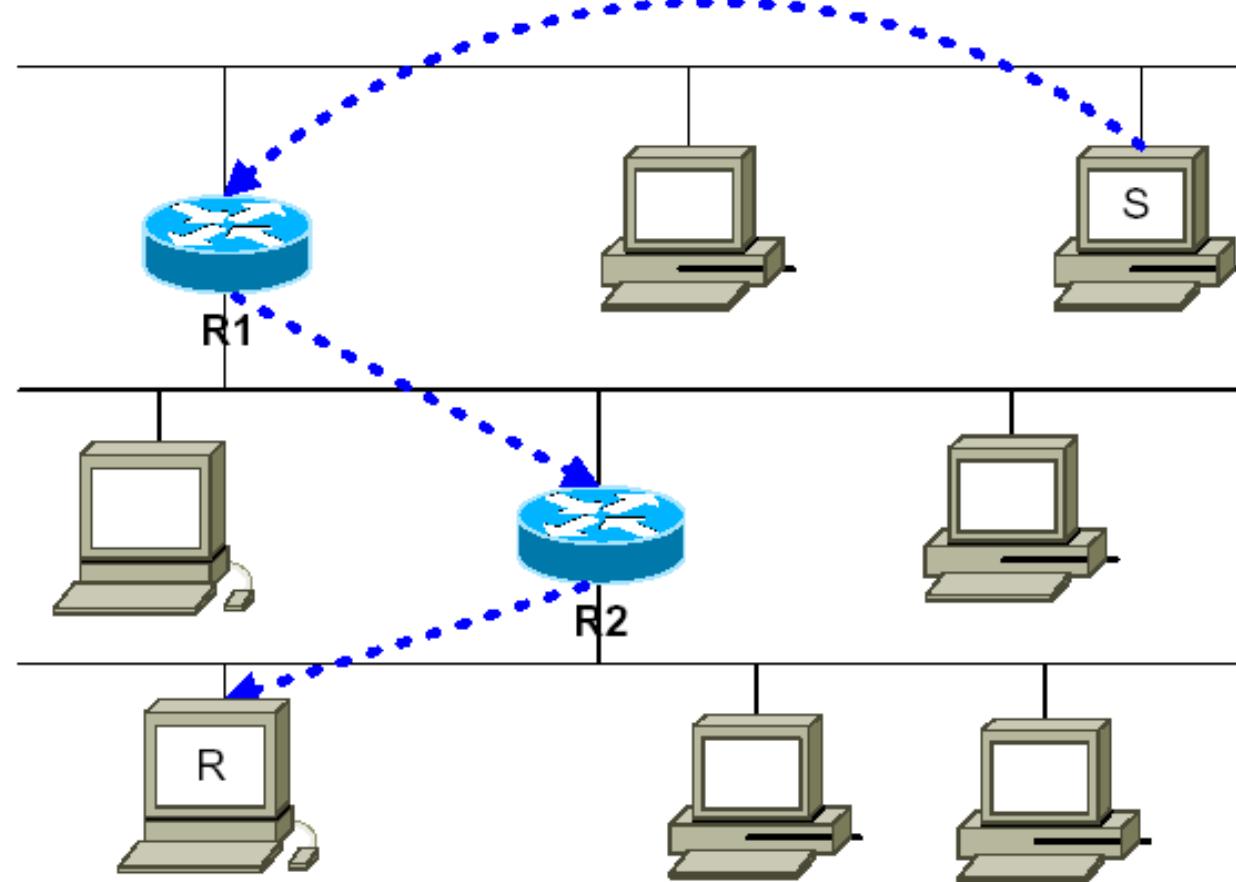
- Identificador de un conjunto de interfaces. Un paquete enviado a una dirección multicast es entregado a todas las interfaces identificadas por esa dirección

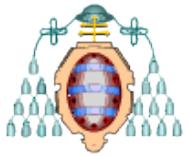


- No hay direcciones **broadcast** en IPv6

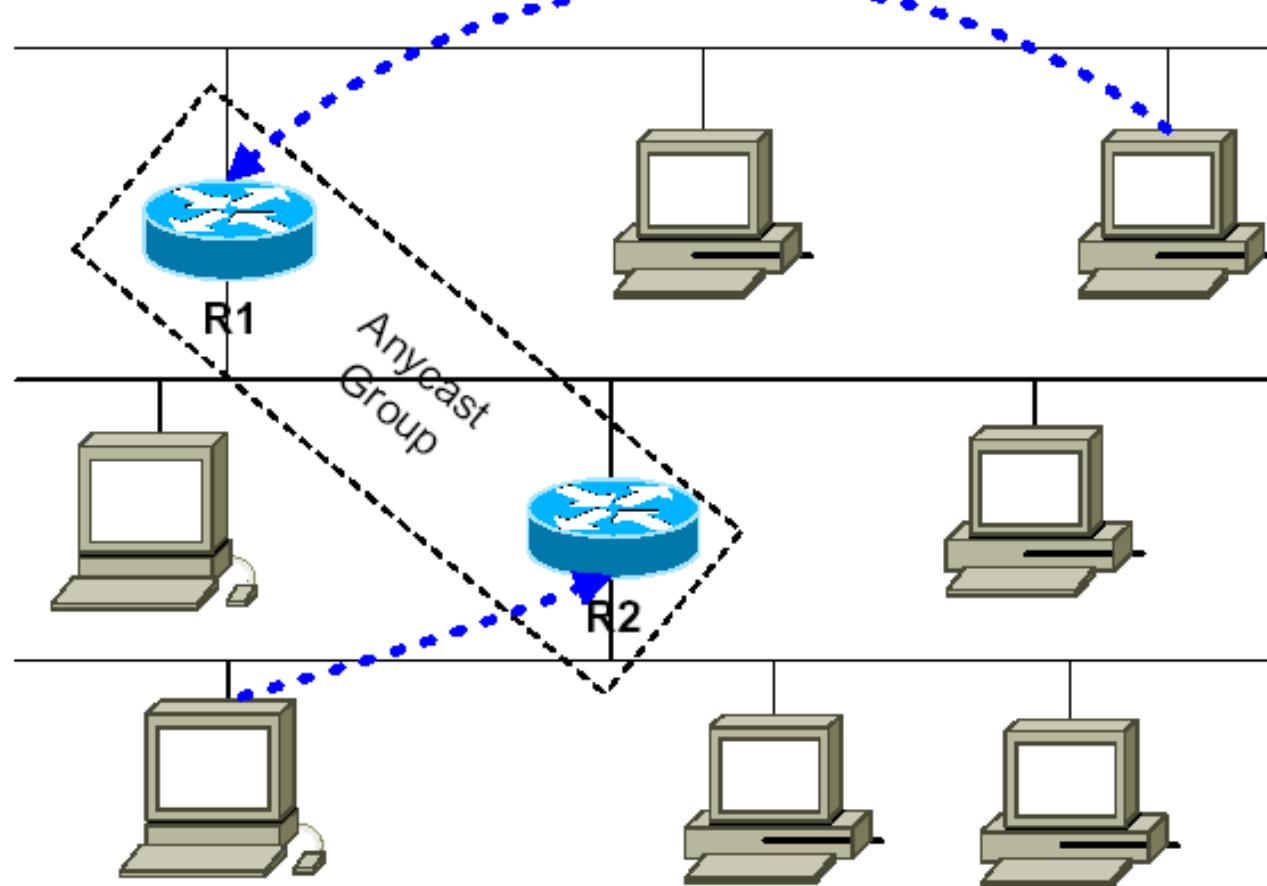


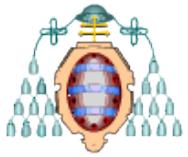
Unicast



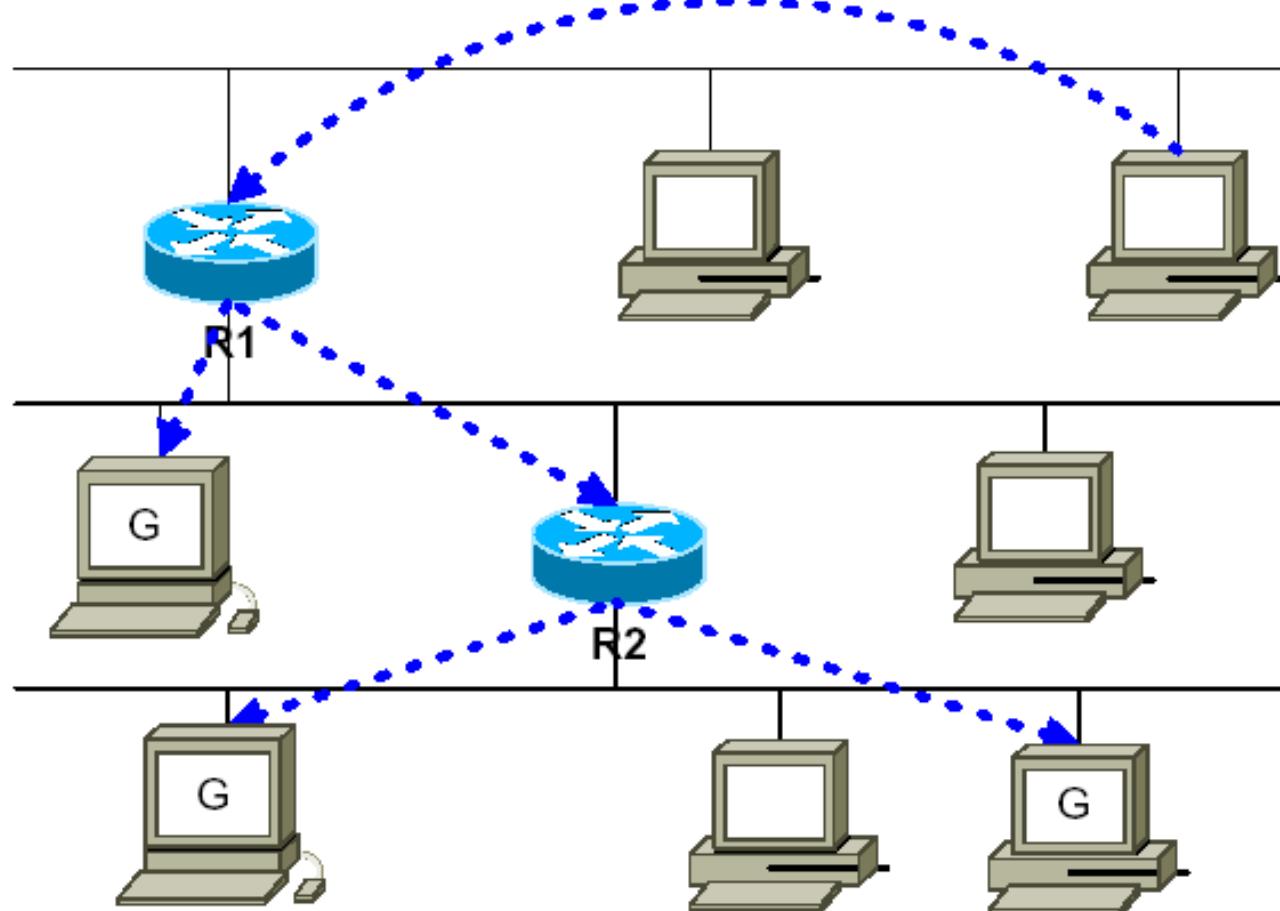


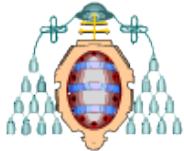
Anycast





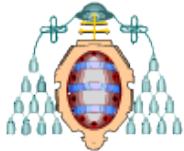
Multicast





Notación de direcciones IPv6

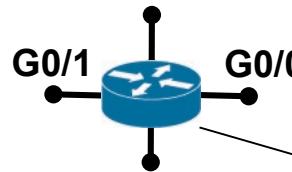
- 8 agrupaciones de 16 bits en hexadecimal
 - x:x:x:x:x:x:x:x
 - FE80:0000:0000:0000:0260:97FF:FE5F:1EDA
 - FE80:0:0:0:260:97FF:FE5F:1EDA
 - FE80::260:97FF:FE5F:1EDA
- “::” indica múltiples grupos de 16 bits cero
 - Sólo puede aparecer una vez en la dirección
- Representación de direcciones
 - 2004:0000:0000:A05F:0000:0000:0000:0000
 - 2004::A05F:0:0:0:0
 - 2004:0:0:A05F::



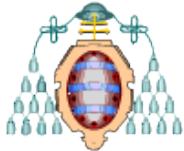
Notación de direcciones IPv6

Ingeniería
Telemática

- Uso de prefijos en lugar de máscara de subred
 - **IPv6-address/prefix-length**
 - donde *IPv6-address* es una dirección IPv6
 - *prefix-length* especifica cuántos bits de la dirección componen el prefijo
 - Toma valores entre 0 y 128
 - Valores típicos: 32,40,48,64
 - Indica el límite entre la parte de red y la parte de host en una dirección
- Ejemplos
 - FE80::1/48
 - 48 bits mayor peso para routing (dirección de red)
 - 80 bits menor peso para subred + host
 - 2001:db8:a005:c3::1/64
 - 64 bits mayor peso para routing (dirección de red)
 - 64 bits menor peso para subred + host

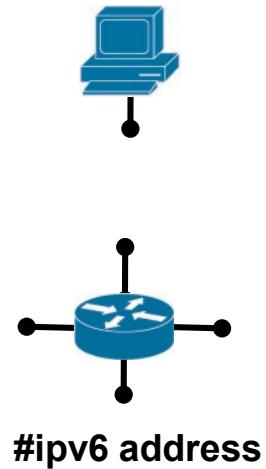


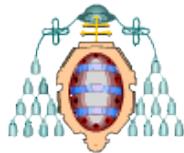
```
R1(Config)# interface G0/0
R1(Config-if)# ipv6 address 2001:db8:a005:c3::1/64
R1(Config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
```



Representación de prefijos

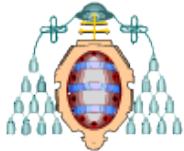
- Ejemplo
 - Dirección del nodo:
 - 12AB:0:0:CD31:123:4567:89AB:CDEF
 - Subnet
 - 12AB:0:0:CD31::/64
 - Nodo + Subnet
 - 12AB:0:0:CD31:123:4567:89AB:CDEF/64





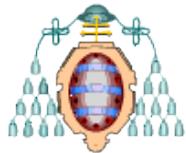
Tipos de direcciones

Allocation	Prefix (binary)	Fraction of Address Space	
Reserved	0000 0000	1/256	
Unassigned	0000 0001	1/256	
Reserved for NSAP Allocation	0000 001	1/128	
Reserved for IPX Allocation	0000 010	1/128	
Unassigned	0000 011	1/128	
Unassigned	0000 1	1/32	
Unassigned	0001	1/16	
Aggregatable Global Unicast Addresses	001	1/8	2000::/3
Unassigned	010	1/8	
Unassigned	011	1/8	
Unassigned	100	1/8	
Unassigned	101	1/8	
Unassigned	110	1/8	
Unassigned	1110	1/16	
Unassigned	1111 0	1/32	
Unassigned	1111 10	1/64	
Unassigned	1111 110	1/128	
Unassigned	1111 1110 0	1/512	
Link-Local Unicast Addresses	1111 1110 10	1/1024	FE80::/10
Site-Local Unicast Addresses	1111 1110 11	1/1024	Deprecated
Multicast Addresses	1111 1111	1/256	FF00::/8



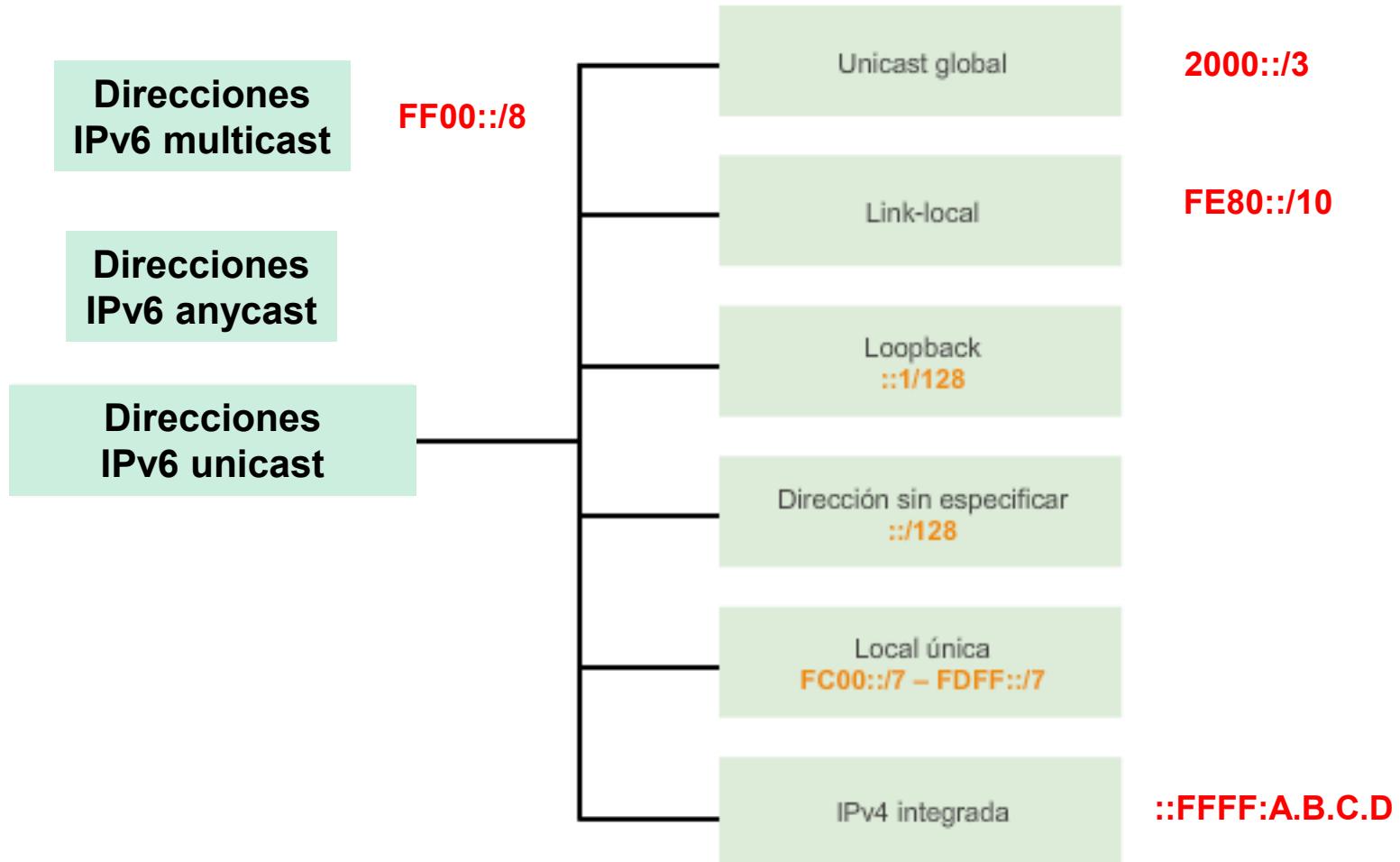
Tipos de direcciones

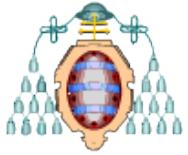
- Direcciones *unicast* se distinguen de direcciones *multicast* por el octeto de mayor orden en la dirección:
 - FF identifica a una dirección *multicast*
- Direcciones *anycast* comparten el espacio de direccionamiento *unicast*, no siendo distinguibles sintácticamente
- Ejemplos:
 - FFxx:: Multicast
 - FE80:... Link-Local Unicast
 - 2001:... Global Unicast



Direcciones IPv6

Ingeniería
Telemática



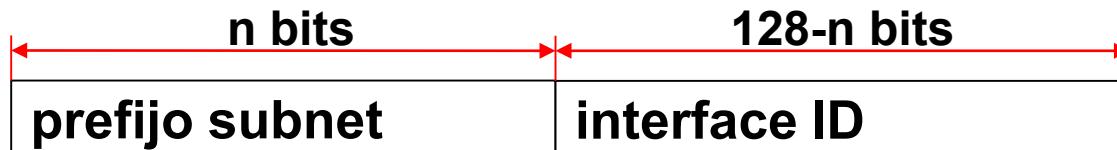


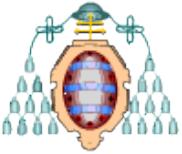
Direcciones Unicast

- Como mínimo, un nodo considera que las direcciones unicast no tienen estructura interna



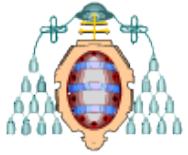
- Un host más sofisticado puede ser consciente del prefijo de subnet





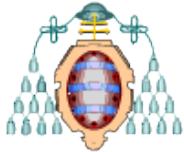
Interface ID

- Identificadores de interface en direcciones IPv6 *unicast*
 - Identifican interfaces en un link
 - Únicos en un link
 - En muchos casos, será el mismo que la dirección de la capa de enlace
- El mismo *Interface ID* puede ser usado en varias interfaces del mismo nodo



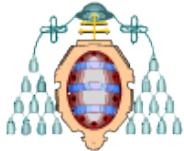
Unspecified Address

- La dirección 0:0:0:0:0:0:0:0 es llamada *Unspecified Address*
- Indica la ausencia de dirección
- En el campo SA de los paquetes IPv6 enviados por un host en la etapa de inicialización
- No puede ser usada como DA de paquetes IPv6 o en cabeceras de routing



Loopback Address

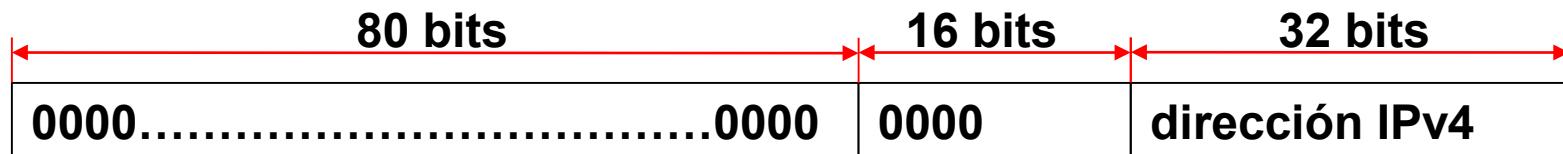
- La dirección *unicast* ::1
- Se utiliza para que un nodo se mande un paquete IPv6 a sí mismo
- No puede estar asignada a una interface física
- No puede ser usada como SA en paquetes IPv6 enviados fuera del nodo
- Un paquete con esta dirección nunca debe ser transmitido por un router IPv6



Direcciones IPv6 compatibles con IPv4 (deprecated)

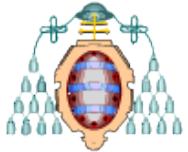
Ingeniería
Telemática

- Enviar paquetes IPv6 sobre una red de enrutamiento IPv4
- Direcciones IPv6 *unicast* especiales
- Dirección IPv4 en los 32 bits de menor orden



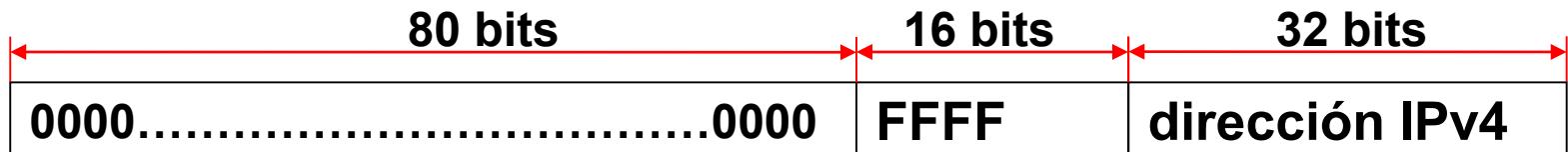
Ejemplo: ::156.56.132.101

Deprecated

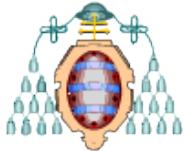


Direcciones IPv4 mapeadas a IPv6

- Esta dirección se utiliza para representar las direcciones de nodos IPv4 como direcciones IPv6
- Un host IPv6 utilizará esta dirección para comunicarse con un host que sólo soporta IPv4



Ejemplo ::FFFF:156.56.132.101

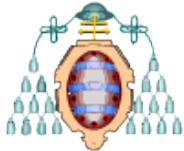


Direcciones *Link-Local*

- Diseñadas para direccionar en un link
 - Autoconfiguración
 - Neighbor discovery
 - No routers en la red
- Los routers no deben enviar paquetes con Link-Local SA o DA a otros links

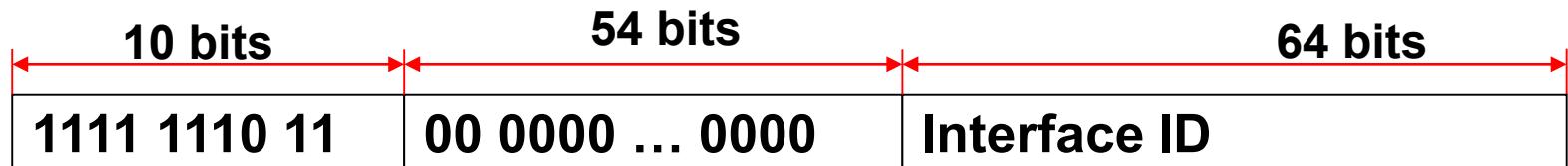


Ejemplo: FE80::2E0:7DFF:FEF8:7B72

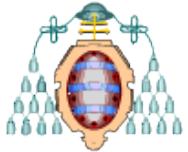


Direcciones Site-Local (*deprecated*)

- Diseñadas para su uso en direccionamiento de nodos en un ámbito reducido (site) sin necesidad de un prefijo global
- Los routers no deben enviar los paquetes fuera del lugar de aplicación

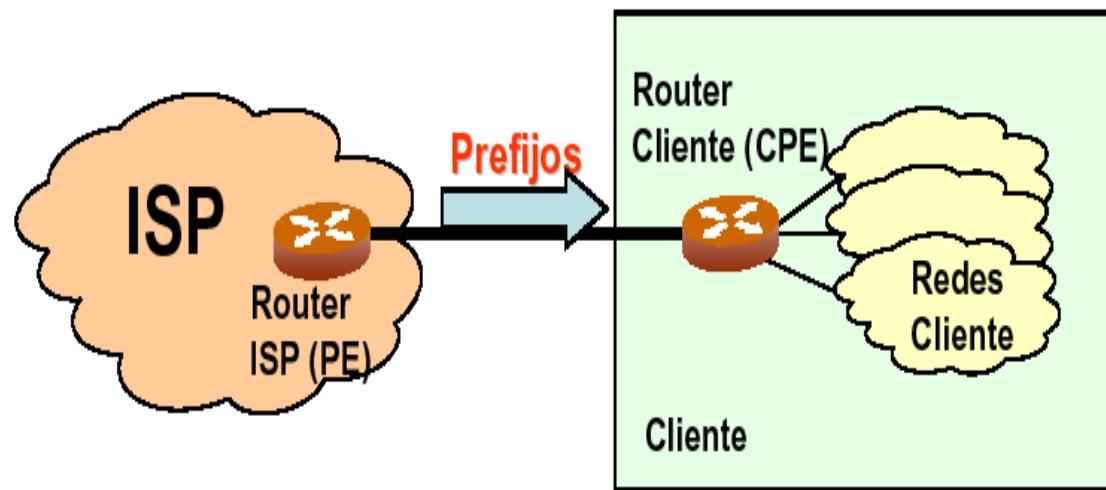


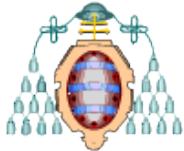
Ejemplo: FE8C::2E0:7DFF:FEF8:7B72



Delegación de prefijos entre routers

- Permite a un router obtener los prefijos que debe anunciar

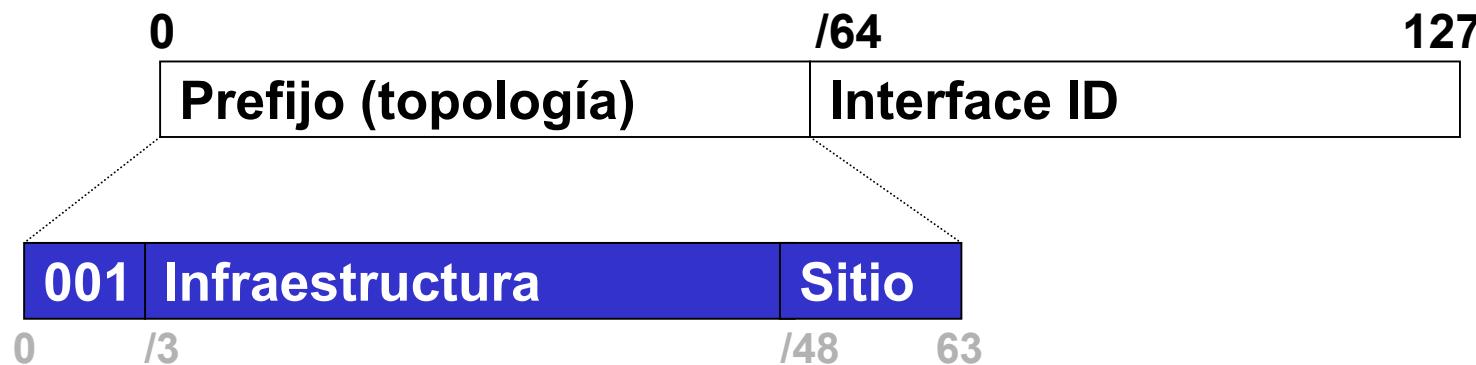


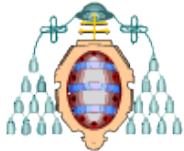


Política de asignación de direcciones IPv6

Ingeniería
Telemática

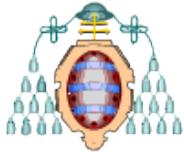
- Basada en la experiencia del 6BONE (desde 1996)
- Reciente revisión de los mecanismos de asignación de direcciones
- Nueva política en vigor desde mayo de 2002
- Estructura de direcciones globales (prefijo 2000::/3)





Criterios de asignación

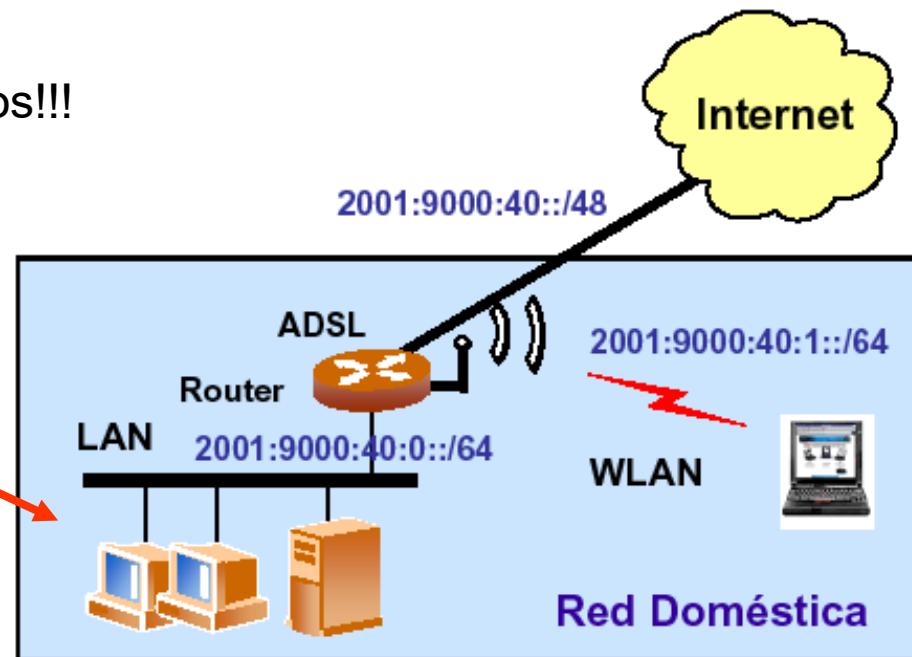
- Asignación a LIRs (ISP): /32
 - asignado a ISPs que tengan previsto conectar más de 200 redes finales (End Sites) en 2 años
 - RedIRIS: 2001:0720::/32
 - TTD: 2001:0800::/32
- Asignación a redes finales (End Sites)
 - En general: /48 (16 bits libres para subredes)
 - Grandes y pequeñas empresas
 - Redes domésticas
 - Cuando existe sólo una subred: /64
 - Redes móviles (coches) o teléfonos con interfaces de red adicionales (WLAN o Bluetooth)
 - Cuando existe sólo un sistema: /128
 - Conexión PPP

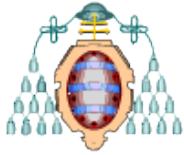


Ejemplo Red Doméstica

- Requisito
 - 2 prefijos /64 para LAN y WLAN
- Asignamos
 - $/48 = 165536$ prefijos!!!

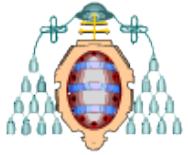
Hasta 2^{64} dispositivos





¿Despilfarro de direcciones?

- Cientos de nuevos dispositivos en el futuro
 - ¿cómo será una red doméstica en el futuro?
- Hay más de 35 billones de prefijos /48 posibles
- Teniendo en cuenta las pérdidas por asignación
 - Estimación pesimista: 178.000 millones de prefijos
- La uniformidad en los prefijos (/48)
 - Facilita la gestión y delegación de direcciones
 - Abarata los costes de gestión de direcciones
 - Facilita el cambio de proveedor y el renumerado
 - Compromiso: consumo de bits vs. facilidad de gestión
- Desplegando direcciones en los lugares en los que se necesitarán
 - “Pongamos conectividad y direcciones IP y ya veremos cómo y cuándo se utilizarán”



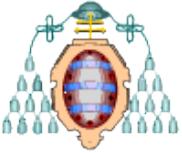
¿Porqué un valor fijo de 16 bits en el campo de subred?

Ingeniería
Telemática

- Longitud fija minimiza la dificultad en el cliente cuando cambia de proveedor de servicio o con multi-homing
- 16-bits es suficiente para la mayoría de clientes
- Tamaño estándar elimina la necesidad a los abonados de pedir justificaciones a los ISPs sobre el espacio de direccionamiento

(Ver RFC 3177, IAB / IESG Recommendations on IPv6 Address Allocations to Sites)

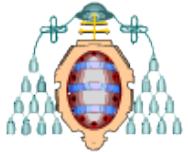
¿Son suficientes los 45 bits restantes para direccionar a todos los abonados?



La relación HD (RFC-3194)

Ingeniería
Telemática

- Mide el “*pain level*” de la utilización de un espacio jerárquico de direcciones
 - en una escala de 0 a 1
- $HD = \log(\text{number of addressed objects}) / \log(\text{total number of addresses})$
- Análisis históricos de IPv4, US phone numbers, French phone numbers, etc. indican una coherencia notable:
 - HD = 0.80 manageable (51M for 32-bit space)
 - HD = 0.85 painful (154M for 32-bit space)
 - HD = 0.87 practical limit (240M for 32-bit space)

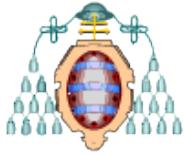


El factor HD aplicado a un espacio de direcciones de 45-bit

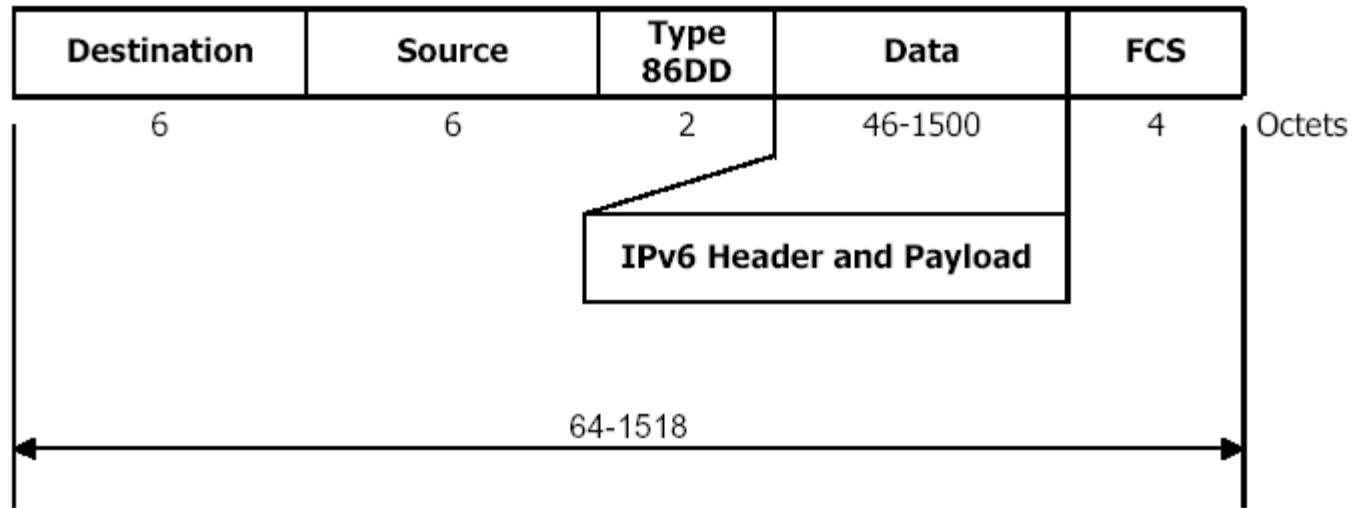
Ingeniería
Telemática

- 45-bit de espacio para zonas (sites)
 - 35 billones de números ($35 \cdot 10^{12}$ números)
- Utilización alcanzable, de acuerdo a HD:

$HD = 0.80$	manageable	=	70 billion
$HD = 0.85$	painful	=	330 billion
$HD = 0.87$	practical limit	=	610 billion
- Actualmente, la población mundial es de 7.7 billions , estimando un crecimiento hasta 9 ó 12 billions para 2070
- Ojo: En estos cálculos sólo se están utilizando todavía 1/8 del espacio de direccionamiento total de IPv6; la mayoría del espacio está siendo reservado en caso de que fallen estas predicciones



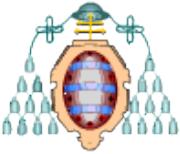
IPv6 sobre Ethernet



- Preamble: 1010...1011
- Destination: Destination Node Address
- Source: Source Node Address
- Type: Higher Layer protocol Type
- Data: Higher Layer Information
- FCS: Frame Check Sequence (CRC-32)

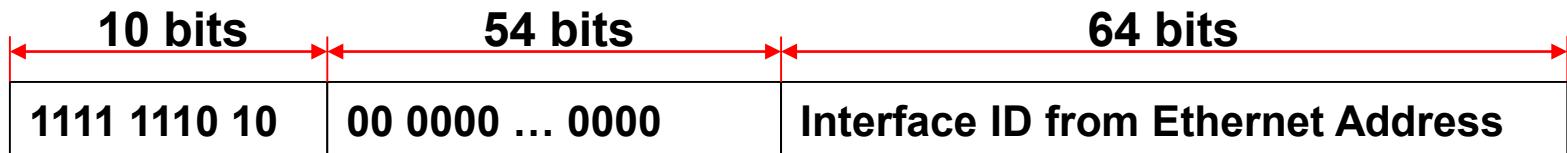
Trama Ethernet

Maximum Transmission Unit (MTU): 1500 bytes



IPv6 sobre Ethernet Link-Local Address

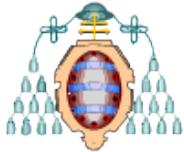
- Autoconfiguración cuando no hay routers
 - Siempre existe, independiente de los routers
- Se forma añadiendo el Interface ID al prefijo FE80::/64



Formación dirección IPv6

- EUI-48 Ethernet Address: 00:50:56:d9:88:3f
- EUI-64 Ethernet Address: 00:50:56:ff:fe:d9:88:3f
- Interface Identifier: 02:50:56:ff:fe:d9:88:3f
- Link-local Address: fe80::250:56ff:fed9:883f

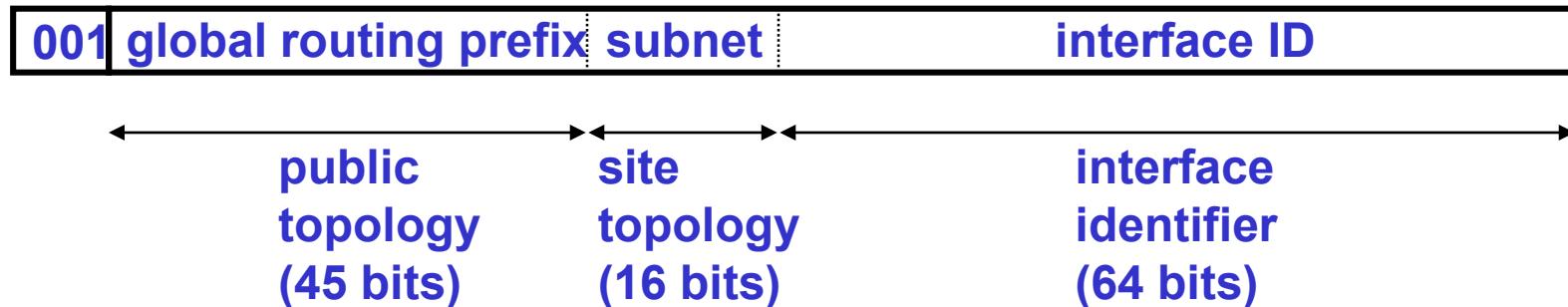
- Garantizada unicidad
 - IEEE MAC se suponen únicas
 - Algoritmos DAD (Duplication Address Detection)
- Conecta 2 hosts v6 en una LAN y serán capaces de comunicarse sin intervención manual (Stateless Autoconfiguration)



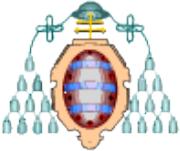
Autoconfiguración IPv6

Ingeniería
Telemática

Direcciones Global Unicast



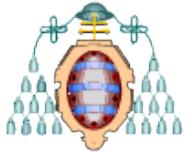
- Sólo 1/8 del espacio total (prefijo 001) usado inicialmente
- *global routing prefix* estructurado jerárquicamente
- Asignados 48 bits para cada *site*
 - Entorno empresarial
 - Campus
 - Residencias
 - ...
=> 16 bits para espacio de subred



Configuración del identificador de interface (Interface ID)

Ingeniería
Telemática

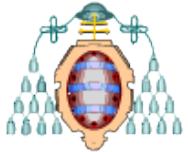
- Varias posibilidades de configurar el *Interface ID* de una dirección
 - Configuración manual
 - interface ID o dirección completa
 - DHCPv6
 - configura la dirección completa
 - Derivación automática de las direcciones 48-bit IEEE 802 o 64-bit IEEE EUI-64
 - Generación pseudo-aleatoria
 - para privacidad de clientes
- Las dos últimas posibilidades permiten autoconfiguración *serverless* o *stateless*, combinando el Interface ID con los bits de mayor peso obtenidos del router por medio de mensajes ICMPv6 Router Advertisements



Autoconfiguración en IPv6

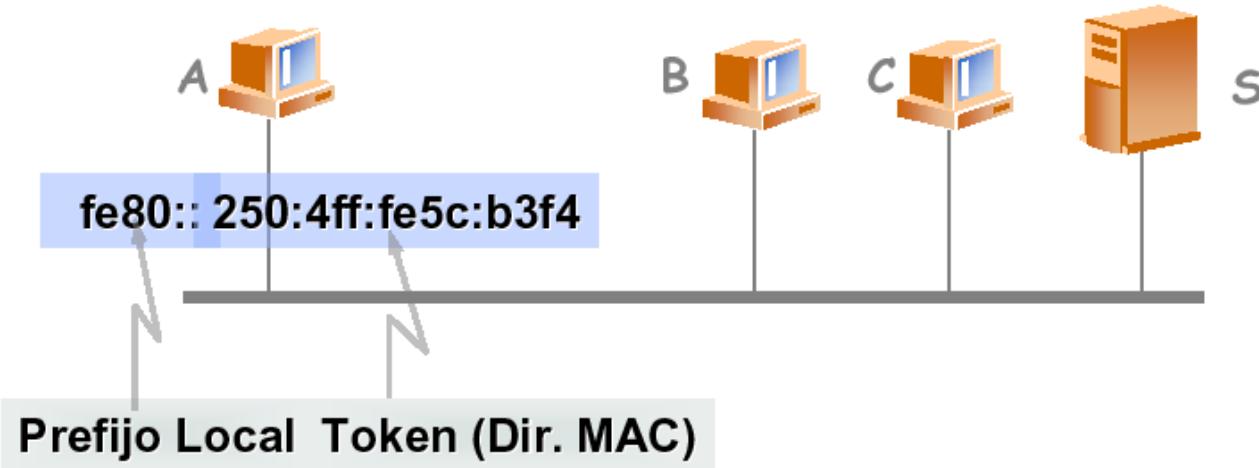
Ingeniería
Telemática

- Objetivo:
 - minimizar la configuración de hosts y routers periféricos
- Dos métodos de autoconfiguración
 - Sin estado (stateless)
 - Con estado (DHCP)
 - igual que IPv4
- Detección automática de direcciones duplicadas (DAD)
- Extensión de la autoconfiguración a los routers
 - delegación jerárquica de prefijos

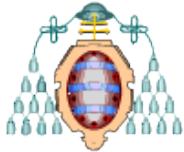


Autoconfiguración “stateless”

- Arranque:
 - construcción de la dirección de ámbito local (“Link Local”)

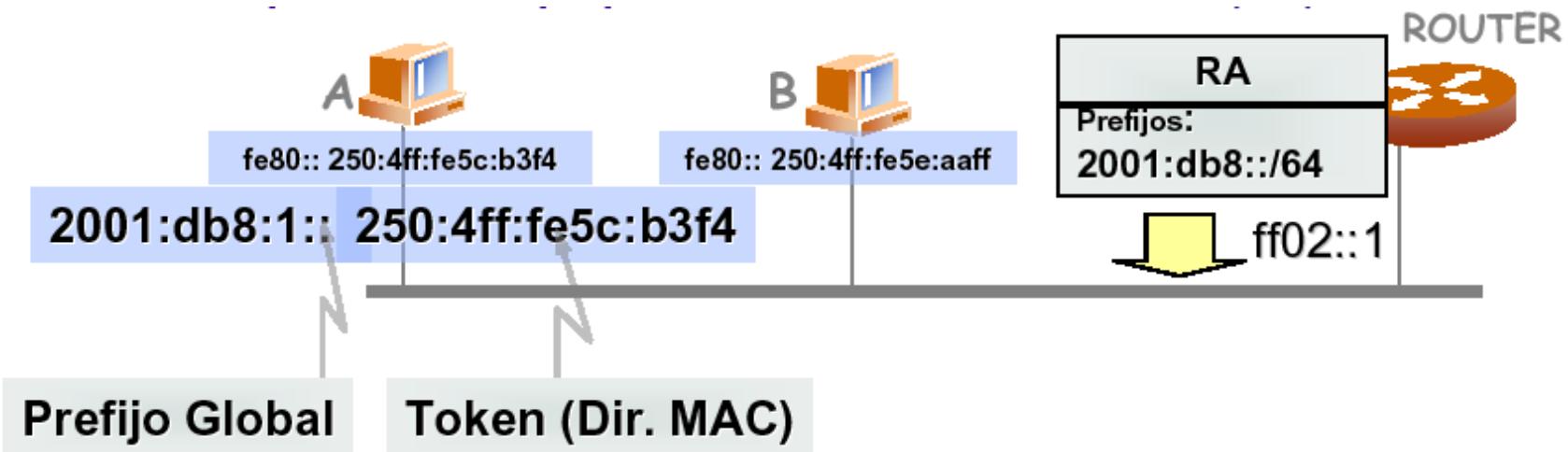


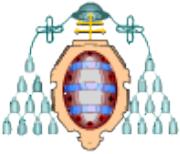
- Direcciones locales
 - comunicaciones dentro de subred (no se encaminan)
 - redes sin routers



Autoconfiguración “stateless”

- Direcciones globales
 - Envío periódico de paquetes
“Router Advertisement (RA)”





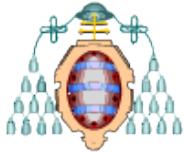
Conclusiones

- **IPv6 aporta soluciones a los problemas de crecimiento de Internet**
 - Ya no hay direcciones IPv4 disponibles
 - Cada ISP u organización tiene sus propias reservas

Manual para la transición de IPv4 a IPv6
Jordi Palet ([CEO de Consulintel](#))

El problema no es que en Europa podamos pensar que aún tenemos direcciones para 6, 12 o 18 meses, sino que en el momento en que, ya sea en esta región o en cualquier otra del mundo, un proveedor comienza a entregar a sus clientes sólo direcciones IPv6, o que algún proveedor de contenidos ofrece algún servicio con direcciones IPv6, el resto de los usuarios del mundo, que no utilizan IPv6, dejan de tener acceso a dichas redes, y viceversa, esos usuarios que sólo están con IPv6, pueden tener problemas para acceder a contenidos o redes que estén solo con IPv4.

- Incorpora funcionalidades que mejoran su comportamiento en aspectos como **seguridad, movilidad, autoconfiguración, ...**



Conclusiones

- Reduce la **complejidad** y el **coste de gestión** de las redes IP
 - IPv4 resuelve con parches
 - NAT, todo sobre HTTP, movilidad
 - Simplifica la gestión de direcciones
- **IPv6 es un protocolo maduro**, aunque existen todavía cuestiones no resueltas
 - Multihoming, anycast, escenarios de transición, ...
- IP es la infraestructura básica de Internet
 - Debe estar disponible para permitir la innovación en los servicios
- IPv6 es una necesidad, pero
 - La **transición es lenta** al no haber una fecha concreta
 - **Todos estamos implicados**
 - Usuarios finales, desarrolladores de software y sistemas operativos
 - Hardware de redes y comunicaciones, y todo tipo de entidades

