

# IPv6

Eva M. Castro (eva@gsyc.es)

Departamento de Sistemas Telemáticos y Computación (GSyC)

Abril 2011



©2011 Grupo de Sistemas y Comunicaciones.  
Algunos derechos reservados.  
Este trabajo se distribuye bajo la licencia  
Creative Commons Attribution Share-Alike  
disponible en <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.1/es>

- 1 Introducción
- 2 Formato de datagrama IPv6
- 3 Direcciones IPv6
- 4 ICMPv6
- 5 Transición de IPv4 e IPv6
- 6 Referencias

# Contenidos

- 1 **Introducción**
- 2 Formato de datagrama IPv6
- 3 Direcciones IPv6
- 4 ICMPv6
- 5 Transición de IPv4 e IPv6
- 6 Referencias

# Motivación

- Situación principios de los 90:
  - Asignación de direcciones no coordinada.
  - Escasez de direcciones.
  - Explosión en el tamaño de tablas de encaminamiento.
- Soluciones a corto plazo
  - CIDR (Classless InterDomain Routing)
  - NAT (Network Address Translation)
- Soluciones a largo plazo
  - Rediseño del protocolo IP, IPv6.

# Extinción de las direcciones IPv4

- IANA (Internet Assigned Numbers Authority) gestiona globalmente el espacio de direcciones IP. Los 5 RIRs (Regional Internet Registries) son responsables de la asignación a los usuarios finales en cada una de sus zonas:

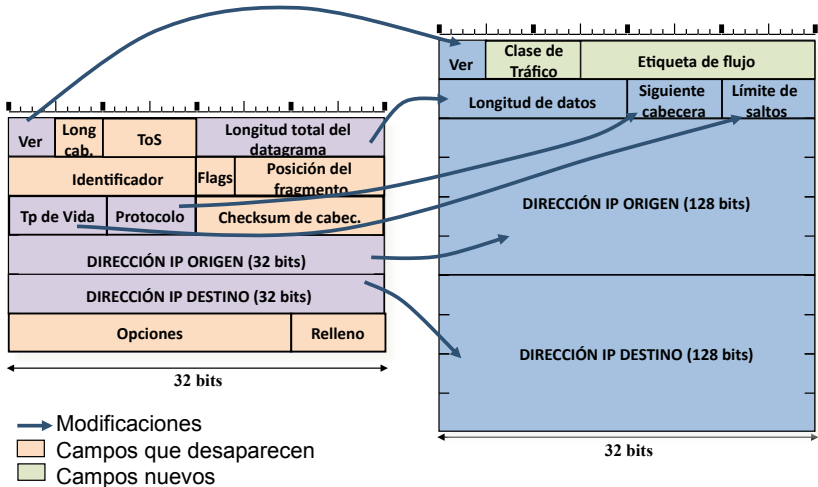


- En febrero de 2011 el IANA repartió entre los 5 RIRs, los últimos 5 bloques /8 de direcciones IPv4. APNIC cree que las tendrá asignadas totalmente el 30 de abril de 2011.

# Contenidos

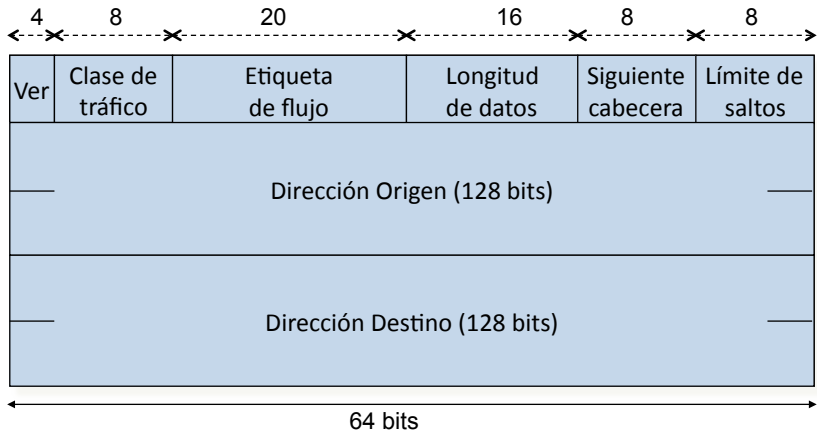
- 1 Introducción
- 2 Formato de datagrama IPv6**
- 3 Direcciones IPv6
- 4 ICMPv6
- 5 Transición de IPv4 e IPv6
- 6 Referencias

# Formato de cabecera IPv4 vs IPv6



# Formato de cabecera obligatoria de IPv6

- 5 palabras de 64 bits, 40 bytes.
- cabecera sencilla: 6 campos y 2 direcciones.



# Contenidos

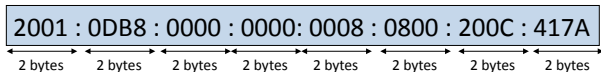
- 1 Introducción
- 2 Formato de datagrama IPv6
- 3 Direcciones IPv6**
- 4 ICMPv6
- 5 Transición de IPv4 e IPv6
- 6 Referencias

# Representación de direcciones IPv6

- La arquitectura de las direcciones IPv6 se encuentra descrita en RFC4291.
- 128 bits = 16 bytes = se agrupan los bytes de 2 en 2, se separan por ":" y se se representan en hexadecimal:



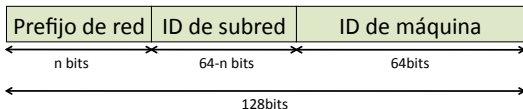
- Simplificación:
  - :: representa uno o varios grupos de 2 bytes a 0. Sólo puede usarse una vez en una dirección IPv6.



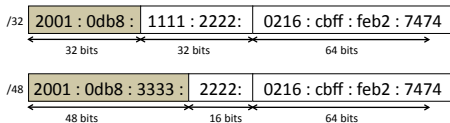
2001 : DB8 : 0 : 0 : 8 : 800 : 200C : 417A

2001 : DB8 : : 8 : 800 : 200C : 417A

# Formato de direcciones IPv6



- Las direcciones IPv6 están divididas en 3 campos:
  - Prefijo de red:** Conjunto de direcciones que se le asignan a una organización. Los ISPs suelen tener prefijos /32. Las grandes organizaciones normalmente tienen /48.
  - Identificador de subred:** identifica una determinada subred dentro de una organización.
  - Identificador de máquina (64 bits):** identifica a una interfaz de una máquina dentro de una subred.



# Tipo de direcciones IPv6

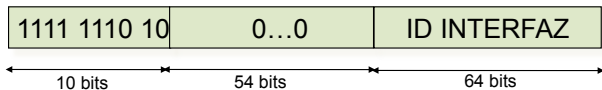
Notación IPv6	Prefijo binario	Tipo de dirección
0::0/128	00...0 (128 bits)	Dirección sin especificar
0::1/128	00...1 (128 bits)	Dirección de loopback
FC00::/7	1111 110 ...	Unique Local Unicast (RFC4193)
FE80::/10	1111 1110 10 ...	Link Local Unicast (RFC4291)
FF00::/8	1111 1111	Multicast (RFC4291)
Resto de direcciones: Global Unicast (RFC4291)		
2000::/3	001 ....	Prefijo que está asignando el IANA
2001:DB8::/32		Documentación (RFC3849)

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Formato de datagrama IPv6
- 3 Direcciones IPv6**
  - **Direcciones Unicast**
  - Direcciones Anycast
  - Direcciones Multicast
  - Direcciones IPv6 en una máquina/router
  - Direcciones IPv4 vs IPv6
- 4 ICMPv6
- 5 Transición de IPv4 e IPv6
- 6 Referencias

# Direcciones locales de enlace

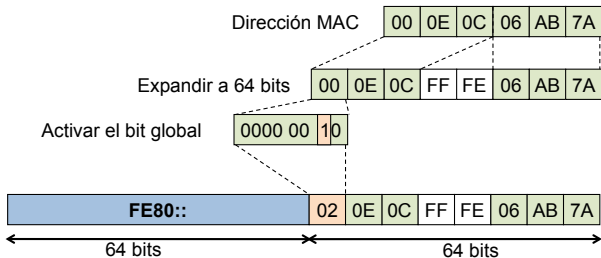
- Utilizadas dentro de un mismo enlace o la misma red local. Los paquetes enviados a este tipo de dirección no van a ser encaminados por ningún router.
- Necesarias para “Neighbor Discovery”
- Se configuran automáticamente.



`FE80::<ID INTERFAZ>/10`

# Direcciones locales de enlace en Ethernet

- Se configuran automáticamente.
- Se construye el identificador de interfaz utilizando la dirección MAC de la tarjeta Ethernet (48 bits).



**Dirección Local del Enlace:**

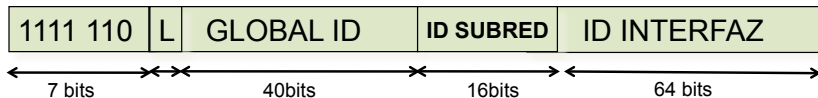
**FE80::20E:CFF:FE06:AB7A**

# Ejemplo de direcciones locales de enlace en Ethernet

```
eva@alpha10:/$ ifconfig
eth1  Link encap:Ethernet  HWaddr 00:0E:0C:06:AB:7A
      inet addr:212.128.4.180  Bcast:212.128.4.255 Mask:255.255.255.0
      inet6 addr: fe80::20e:cff:fe06:ab7a/64 Scope:Link
      UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
      RX packets:752005 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
      TX packets:524946 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
      collisions:0 txqueuelen:100
      RX bytes:196881741 (187.7 MiB)  TX bytes:105843711 (100.9 MiB)
      Base address:0x1000 Memory:f8400000-f8420000
```

# Direcciones locales únicas ("privadas")

- Son direcciones para ser utilizadas dentro de un área o sitio o un conjunto de sitios de forma privada. No son direcciones para encaminar dentro de Internet.
- Independientes de las proporcionadas por el ISP.
- Desde el punto de vista de las aplicaciones las deben utilizar como direcciones globales.
- Definidas en el RFC 4193.
- Las direcciones locales de sitio sin obsoletas.



`FC00::/10`

# Direcciones globales unicast (I)

- El IANA está asignando el prefijo 2000::/3 a los 5 RIR.

Prefix	Designation	Date	Status	Note	
2001:0000::/23	IANA	1999-07-01	ALLOCATED	IANA Special Purpose Address Block [RFC4773]	
2001:0200::/23	APNIC	1999-07-01	ALLOCATED		
2001:0400::/23	ARIN	1999-07-01	ALLOCATED		
2001:0600::/23	RIPE NCC	1999-07-01	ALLOCATED		
2001:0800::/23	RIPE NCC	2002-05-02	ALLOCATED		
2001:0A00::/23	RIPE NCC	2002-11-02	ALLOCATED		
2001:0C00::/23	APNIC	2002-05-02	ALLOCATED		
2001:0E00::/23	APNIC	2003-01-01	ALLOCATED		
2001:1200::/23	LACNIC	2002-11-01	ALLOCATED		
2001:1400::/23	RIPE NCC	2003-02-01	ALLOCATED		
2001:1600::/23	RIPE NCC	2003-07-01	ALLOCATED	2001:0DB8::/32 documentation(NON ROUTABLE)	
2001:1800::/23	ARIN	2003-04-01	ALLOCATED		
2001:1A00::/23	RIPE NCC	2004-01-01	ALLOCATED		
2001:1C00::/22	RIPE NCC	2001-05-04	ALLOCATED		
2001:2000::/20	RIPE NCC	2001-05-04	ALLOCATED		
2001:3000::/21	RIPE NCC	2001-05-04	ALLOCATED		
2001:3800::/22	RIPE NCC	2001-05-04	ALLOCATED		
2001:3C00::/22	IANA		RESERVED		
					2001:3C00::/22 is reserved for possible future allocation to the RIPE NCC.

# Direcciones globales unicast (II)

Prefix	Designation	Date	Status	Note
2001:4000::/23	RIPE NCC	2004-06-11	ALLOCATED	2002::/16 is reserved for use in 6to4 deployments [RFC3056]
2001:4200::/23	AfriNIC	2004-06-01	ALLOCATED	
2001:4400::/23	APNIC	2004-06-11	ALLOCATED	
2001:4600::/23	RIPE NCC	2004-08-17	ALLOCATED	
2001:4800::/23	ARIN	2004-08-24	ALLOCATED	
2001:4A00::/23	RIPE NCC	2004-10-15	ALLOCATED	
2001:4C00::/23	RIPE NCC	2004-12-17	ALLOCATED	
2001:5000::/20	RIPE NCC	2004-09-10	ALLOCATED	
2001:8000::/19	APNIC	2004-11-30	ALLOCATED	
2001:A000::/20	APNIC	2004-11-30	ALLOCATED	
2001:B000::/20	APNIC	2006-03-08	ALLOCATED	
2002:0000::/16	6to4	2001-02-01	ALLOCATED	
2003:0000::/18	RIPE NCC	2005-01-12	ALLOCATED	
2400:0000::/12	APNIC	2006-10-03	ALLOCATED	
2600:0000::/12	ARIN	2006-10-03	ALLOCATED	
2610:0000::/23	ARIN	2005-11-17	ALLOCATED	
2620:0000::/23	ARIN	2006-09-12	ALLOCATED	
2800:0000::/12	LACNIC	2006-10-03	ALLOCATED	
2A00:0000::/12	RIPE NCC	2006-10-03	ALLOCATED	
2C00:0000::/12	AfriNIC	2006-10-03	ALLOCATED	
2D00:0000::/8	IANA	1999-07-01	RESERVED	
2E00:0000::/7	IANA	1999-07-01	RESERVED	
3000:0000::/4	IANA	1999-07-01	RESERVED	

# Ejemplo de dirección global

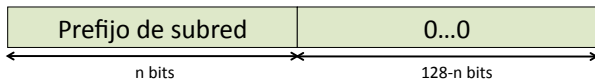
```
eva@alpha10:/$ ifconfig
eth1  Link encap:Ethernet  HWaddr 00:0E:0C:06:AB:7A
      inet addr:212.128.4.180  Bcast:212.128.4.255  Mask:255.255.255.0
      inet6 addr: fe80::20e:cff:fe06:ab7a/64  Scope:Link
      inet6 addr: 2001:db8::8:800:200c:417a  Scope:Global
      UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
      RX packets:752005  errors:0  dropped:0  overruns:0  frame:0
      TX packets:524946  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
      collisions:0 txqueuelen:100
      RX bytes:196881741 (187.7 MiB)  TX bytes:105843711 (100.9 MiB)
      Base address:0x1000  Memory:f8400000-f8420000
```

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Formato de datagrama IPv6
- 3 Direcciones IPv6**
  - Direcciones Unicast
  - Direcciones Anycast**
  - Direcciones Multicast
  - Direcciones IPv6 en una máquina/router
  - Direcciones IPv4 vs IPv6
- 4 ICMPv6
- 5 Transición de IPv4 e IPv6
- 6 Referencias

# Direcciones Anycast

- Son direcciones que se asignan a más de una interfaz en diferentes máquinas.
- Un paquete enviado a una dirección anycast llegará a una de la máquinas que tenga configurada dicha dirección anycast, a la más cercana.
- Son indistinguibles de las direcciones unicast.
- Si todas las máquinas a las que se quiere asignar una dirección anycast se encuentran en la misma organización, la dirección anycast tendrá el mismo prefijo que las direcciones unicast de ese sitio.
- La dirección anycast de los routers que están conectados a una subred:

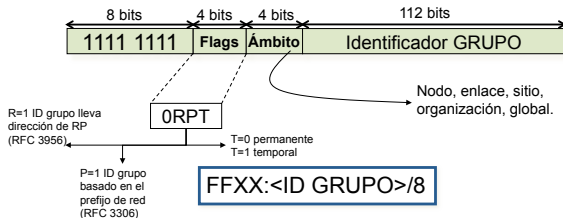


# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Formato de datagrama IPv6
- 3 Direcciones IPv6**
  - Direcciones Unicast
  - Direcciones Anycast
  - Direcciones Multicast**
  - Direcciones IPv6 en una máquina/router
  - Direcciones IPv4 vs IPv6
- 4 ICMPv6
- 5 Transición de IPv4 e IPv6
- 6 Referencias

# Direcciones Multicast

- Son direcciones que se utilizan para direccionar un conjunto de interfaces, también se denominan grupos de multicast.



- Direcciones multicast utilizadas:

Todos los nodos	FF01:0:0:0:0:0:0:1 FF02:0:0:0:0:0:0:1	interface-local link-local
Todos los routers	FF01:0:0:0:0:0:0:2 FF02:0:0:0:0:0:0:2 FF05:0:0:0:0:0:0:2	interface-local link-local site-local
Solicitada por un nodo	FF02:0:0:0:0:0:1:FFXX:XXXX FF02:0:0:0:0:0:1:FF00::/104	link-local

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Formato de datagrama IPv6
- 3 Direcciones IPv6**
  - Direcciones Unicast
  - Direcciones Anycast
  - Direcciones Multicast
  - Direcciones IPv6 en una máquina/router**
  - Direcciones IPv4 vs IPv6
- 4 ICMPv6
- 5 Transición de IPv4 e IPv6
- 6 Referencias

# Direcciones IPv6 que deber reconocer una máquina/router

- A continuación se resumen las direcciones IPv6 que una máquina debe reconocer como suyas:
  - Dirección de enlace local por cada interfaz.
  - Dirección Unicast y Anycast que se desee configurar.
  - Dirección de loopback .
  - Dirección multicast de todos los nodos.
  - Dirección multicast solicitada por un nodo, por cada dirección unicast y anycast que tiene configurada.
  - Direcciones de multicast que tenga configuradas.
- Un router deber reconocer además:
  - Por cada una de las interfaces del router, debe reconocer la dirección anycast de los routers que están conectados a una subred.
  - Dirección de multicast de todos los routers.

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Formato de datagrama IPv6
- 3 Direcciones IPv6**
  - Direcciones Unicast
  - Direcciones Anycast
  - Direcciones Multicast
  - Direcciones IPv6 en una máquina/router
  - **Direcciones IPv4 vs IPv6**
- 4 ICMPv6
- 5 Transición de IPv4 e IPv6
- 6 Referencias

# Direcciones IPv4 e IPv6

## IPv4

- 32 bits
- Notación decimal:  
a.b.c.d
- Organización CIDR:  
Prefijo+subred+id\_máq
- Tipos de direcciones:
  - Unicast
  - Multicast
  - Broadcast

## IPv6

- 128 bits
- Notación hexadecimal  
(cada X son 4 dígitos hexadecimales):  
X:X:X:X:X:X:X:X
- Organización:  
Prefijo+subred+id\_máq
- Tipos de direcciones:
  - Unicast
  - Multicast
  - Anycast

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Formato de datagrama IPv6
- 3 Direcciones IPv6
- 4 ICMPv6**
- 5 Transición de IPv4 e IPv6
- 6 Referencias

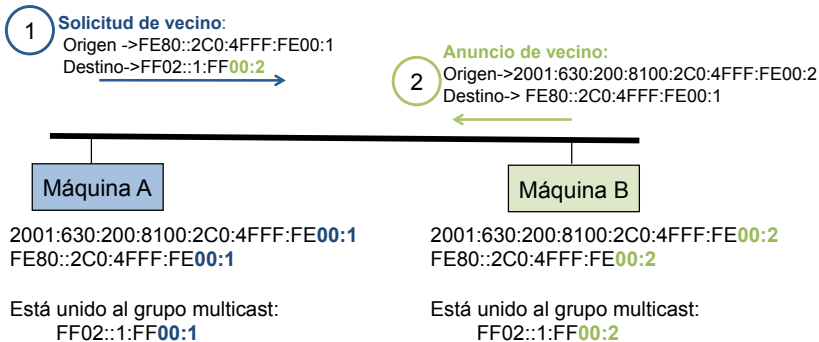
# ICMPv6

- ICMPv6 engloba los protocolos de v4: ICMP + IGMP + ARP
- Implementa:
  - MLD (Multicast Listener Discovery):  
Gestiona la pertenencia a un grupo multicast (IGMP en IPv4).
  - ND (Neighbor Discovery):  
Gestiona el aprendizaje de nodos vecinos en un mismo enlace (ARP en IPv4)
  - PMTU (Path Maximum Transfer Unit):  
Descubrimiento de tamaño máximo de paquete para un camino.

# Resolución de direcciones en IPv6

- Similar a ARP en IPv4.
  - Un nodo envía un mensaje ICMPv6 (ND) de solicitud de vecino pidiendo la dirección de nivel de enlace asociada a una dirección IPv6.
  - El nodo que tiene dicha dirección IPv6 responde con un mensaje ICMPv6 (ND) de anuncio de vecino, proporcionando su dirección de nivel de enlace.
- Diferencia con IPv4, no se usa broadcast.
  - La solicitud se envía a una dirección de multicast donde seguro que estará escuchando el destino.
    - Todos los nodos escuchan en una dirección de multicast formada a partir de su dirección unicast. Esta dirección de multicast se denomina dirección de multicast solicitada por un nodo:
    - Partiendo del prefijo FF02::1:FF00:0000/104. Se le añaden los últimos 24 bytes de la dirección IPv6:  
De 2001:630:200:8100:02C0:4FFF:FE00:0002 → FF02::1::FF00:2
  - Utilizando multicast la mayoría de los nodos no interesados no se verán afectados por el proceso de resolución. En IPv4 todos los nodos deben procesar una solicitud de ARP (va dirigida a broadcast).

## Ejemplo de resolución de direcciones en IPv6



# Contenidos

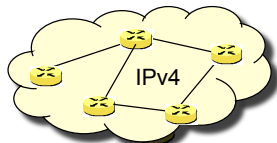
- 1 Introducción
- 2 Formato de datagrama IPv6
- 3 Direcciones IPv6
- 4 ICMPv6
- 5 Transición de IPv4 e IPv6**
- 6 Referencias

# Arquitectura de transición de IPv4 e IPv6 (I)

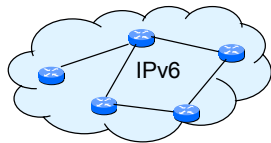
- Red
- Nodos terminales
- Aplicaciones



# Arquitectura de transición de IPv4 e IPv6 (II): Red

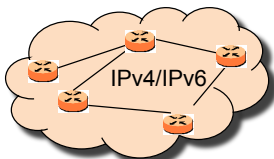


Red sólo IPv4

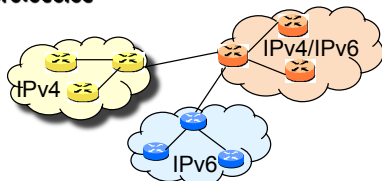


Red sólo IPv6

**Mecanismos de transición:**  
**Túneles**  
**Traducción de protocolos**



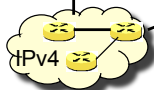
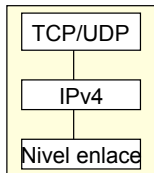
Red dual



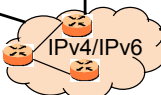
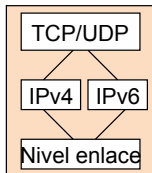
Red heterogénea

## Arquitectura de transición de IPv4 e IPv6 (III): Nodos

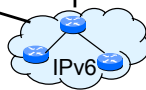
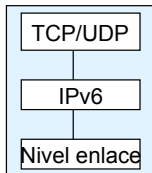
Nodo sólo IPv4



Nodo doble pila

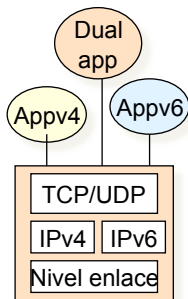
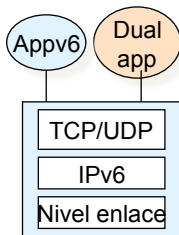
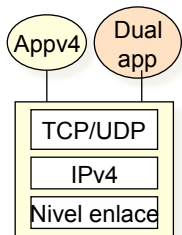


Nodo sólo IPv6

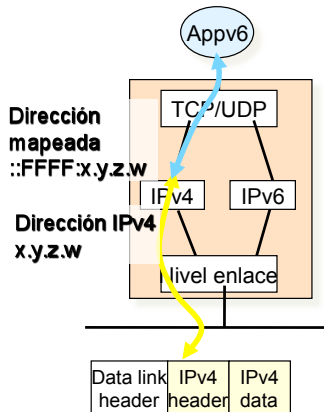
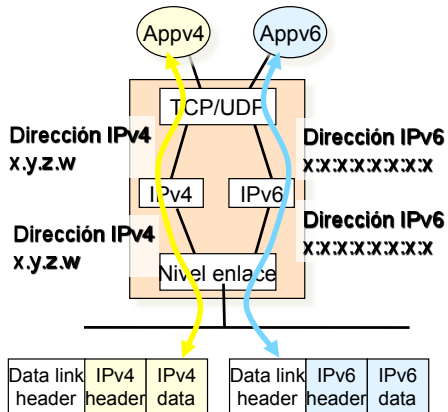


# Arquitectura de transición de IPv4 e IPv6 (IV): Aplicaciones

- Aplicaciones sólo-IPv4
- Aplicaciones sólo-IPv6
- Aplicaciones duales



# Aplicaciones en nodos duales



# Escenarios de transición de aplicaciones: RFC4038

- Aplicaciones IPv4 en nodos duales
- Aplicaciones IPv6 en nodos duales
- Aplicaciones duales en nodos duales
- Aplicaciones duales en nodos sólo-IPv4.

# Consideraciones al portar aplicaciones

- Dependencias con la versión IP dentro de las aplicaciones
  - Formato de presentación de las direcciones IP
  - API del nivel de transporte
  - Resolución de nombres/direcciones
  - Dependencias específicas

# Recomendaciones al portar aplicaciones

- Desarrollar aplicaciones duales:
  - Válidas para cualquier tipo de nodo y para comunicarse con cualquier aplicación utilizando IPv4 o IPv6.
  - Intentar la comunicación con cada una de las direcciones IP obtenidas a través de las funciones de resolución.
- Usar FQDN:
  - Eliminar las direcciones IP cableadas del código.
- No almacenar direcciones IP.
- Las direcciones “IPv4-mapped IPv6 addresses” no siempre funcionan:
  - No siempre están implementadas.
  - En algunos nodos están deshabilitadas por seguridad.
- Al portar aplicaciones revisar exhaustivamente el código.

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Formato de datagrama IPv6
- 3 Direcciones IPv6
- 4 ICMPv6
- 5 Transición de IPv4 e IPv6
- 6 Referencias**

# Referencias

- RFC2460 Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, Dec 1998.
- RFC4291 IP Version 6 Addressing Architecture, Feb 2006.
- RFC4038 Applications aspects of IPv6 transition.