

# IPv6

Eva M. Castro (eva@gsyc.es)

Departamento de Sistemas Telemáticos y Computación (GSyC)

8 de Junio 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:

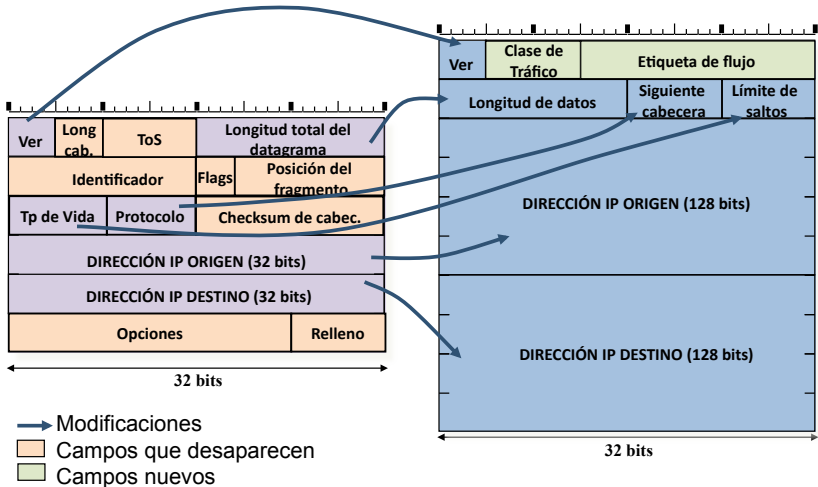


- En febrero de 2011 el IANA repartió entre los 5 RIRs, los últimos 5 bloques /8 de direcciones IPv4. APNIC cree que las tendrá asignadas totalmente el 30 de abril de 2011.

# Contenidos

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

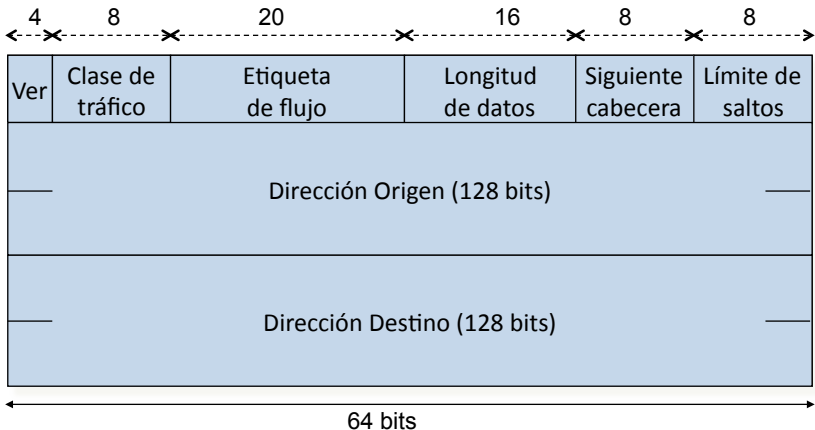
# Formato de cabecera IPv4 vs IPv6





# Formato de cabecera obligatoria de IPv6

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



# Contenidos

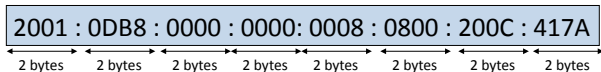
- 1 Introducción
- 2 Formato de datagrama IPv6
- 3 Direcciones IPv6**
- 4 ICMPv6
- 5 Transición de IPv4 e IPv6
- 6 Referencias

# 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:



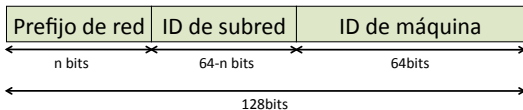
- Simplificación:
  - :: representa uno o varios grupos de 2 bytes a 0. Sólo puede usarse una vez en una dirección IPv6.



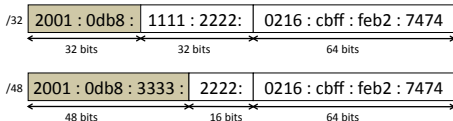
2001 : DB8 : 0 : 0 : 8 : 800 : 200C : 417A

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

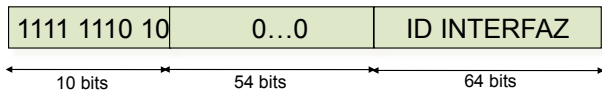
Notación IPv6	Prefijo binario	Tipo de dirección
0::0/128	00...0 (128 bits)	Dirección sin especificar
0::1/128	00...1 (128 bits)	Dirección de loopback
FC00::/7	1111 110 ...	Unique Local Unicast (RFC4193)
FE80::/10	1111 1110 10 ...	Link Local Unicast (RFC4291)
FF00::/8	1111 1111	Multicast (RFC4291)
Resto 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

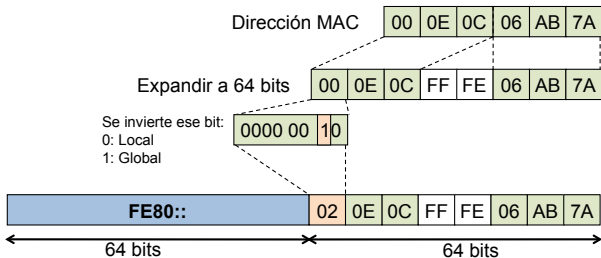
- Utilizadas dentro de un mismo enlace o la misma red local. Los paquetes enviados a este tipo de dirección no van a ser encaminados por ningún router.
- Necesarias para “Neighbor Discovery”
- Se configuran automáticamente.



`FE80::/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 / 64**

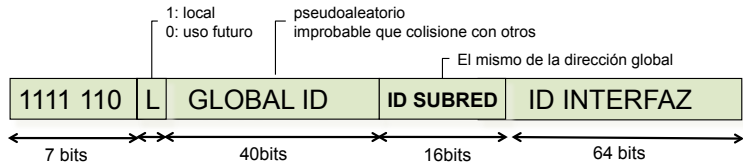


# Ejemplo de direcciones locales de enlace en Ethernet

```
r1:~# ip addr show eth0
eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast qlen 1000
      link/ether 00:0e:0c:06:ab:7a brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
      inet6 fe80::020e:0cff:fe06:ab:7a/64 scope link
          valid_lft forever preferred_lft forever
```

# 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 se deben utilizar como direcciones globales.
- Definidas en el RFC 4193.
- Las direcciones locales de sitio son obsoletas.



`FC00::/7`

# Direcciones globales unicast (I)

- El IANA está asignando el prefijo 2000::

Prefix	Designation	Date	Status	Note	
2001:0000:: 23</td <td>IANA</td> <td>1999-07-01</td> <td>ALLOCATED</td> <td rowspan="10">IANA Special Purpose Address Block [RFC4773]</td>	IANA	1999-07-01	ALLOCATED	IANA Special Purpose Address Block [RFC4773]	
2001:0200:: 23</td <td>APNIC</td> <td>1999-07-01</td> <td>ALLOCATED</td>	APNIC	1999-07-01	ALLOCATED		
2001:0400:: 23</td <td>ARIN</td> <td>1999-07-01</td> <td>ALLOCATED</td>	ARIN	1999-07-01	ALLOCATED		
2001:0600:: 23</td <td>RIPE NCC</td> <td>1999-07-01</td> <td>ALLOCATED</td>	RIPE NCC	1999-07-01	ALLOCATED		
2001:0800:: 23</td <td>RIPE NCC</td> <td>2002-05-02</td> <td>ALLOCATED</td>	RIPE NCC	2002-05-02	ALLOCATED		
2001:0A00:: 23</td <td>RIPE NCC</td> <td>2002-11-02</td> <td>ALLOCATED</td>	RIPE NCC	2002-11-02	ALLOCATED		
2001:0C00:: 23</td <td>APNIC</td> <td>2002-05-02</td> <td>ALLOCATED</td>	APNIC	2002-05-02	ALLOCATED		
2001:0E00:: 23</td <td>APNIC</td> <td>2003-01-01</td> <td>ALLOCATED</td>	APNIC	2003-01-01	ALLOCATED		
2001:1200:: 23</td <td>LACNIC</td> <td>2002-11-01</td> <td>ALLOCATED</td>	LACNIC	2002-11-01	ALLOCATED		
2001:1400:: 23</td <td>RIPE NCC</td> <td>2003-02-01</td> <td>ALLOCATED</td>	RIPE NCC	2003-02-01	ALLOCATED		
2001:1600:: 23</td <td>RIPE NCC</td> <td>2003-07-01</td> <td>ALLOCATED</td> <td rowspan="10">2001:0DB8::<!--32 documentation(NON ROUTABLE)</td--> </td>	RIPE NCC	2003-07-01	ALLOCATED	2001:0DB8:: 32 documentation(NON ROUTABLE)</td	
2001:1800:: 23</td <td>ARIN</td> <td>2003-04-01</td> <td>ALLOCATED</td>	ARIN	2003-04-01	ALLOCATED		
2001:1A00:: 23</td <td>RIPE NCC</td> <td>2004-01-01</td> <td>ALLOCATED</td>	RIPE NCC	2004-01-01	ALLOCATED		
2001:1C00:: 22</td <td>RIPE NCC</td> <td>2001-05-04</td> <td>ALLOCATED</td>	RIPE NCC	2001-05-04	ALLOCATED		
2001:2000:: 20</td <td>RIPE NCC</td> <td>2001-05-04</td> <td>ALLOCATED</td>	RIPE NCC	2001-05-04	ALLOCATED		
2001:3000:: 21</td <td>RIPE NCC</td> <td>2001-05-04</td> <td>ALLOCATED</td>	RIPE NCC	2001-05-04	ALLOCATED		
2001:3800:: 22</td <td>RIPE NCC</td> <td>2001-05-04</td> <td>ALLOCATED</td>	RIPE NCC	2001-05-04	ALLOCATED		
2001:3C00:: 22</td <td>IANA</td> <td></td> <td>RESERVED</td>	IANA		RESERVED		
					2001:3C00:: 22 is reserved for possible future allocation to the RIPE NCC.</td

# 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 direcciones global

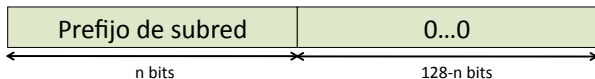
```
r1:~# ip addr show eth0
eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast qlen 1000
      link/ether 00:0e:0c:06:ab:7a brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
      inet6 2001:db8:100:100:020e:0cff:fe06:ab:7a/64 scope global
            valid_lft forever preferred_lft forever
      inet6 fe80::020e:0cff:fe06:ab:7a/64 scope link
            valid_lft forever preferred_lft forever
```

# 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:



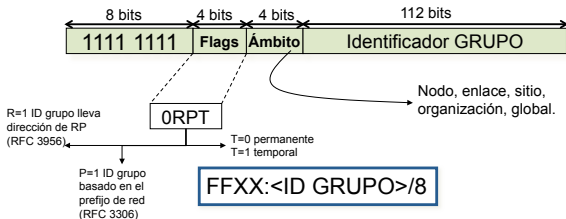
# Contenidos

- 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 (I)

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



- Algunas direcciones multicast reservadas:

Todos los nodos	FF02:0:0:0:0:0:0:1	link-local
Todos los routers	FF02:0:0:0:0:0:0:2	link-local
De nodo solicitado	FF02:0:0:0:0:1:FFXX:XXXX FF02:0:0:0:0:1: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 local de enlace por cada interfaz.
  - Dirección Unicast y Anycast que se desee configurar.
  - Dirección de loopback .
  - Dirección multicast de todos los nodos (FF02::1).
  - Dirección multicast de nodo solicitado, 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 (FF02::2).

# 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

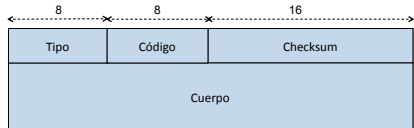
# ICMPv6

- 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), anuncio de prefijos de subred, descubrimiento de *routers* vecinos, etc.
  - PMTU (Path Maximum Transfer Unit):  
Descubrimiento de tamaño máximo de paquete para un camino.

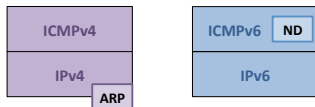


# ICMPv6

- Mismo formato de paquete que ICMPv4.
- Mensaje ICMPv6 de error:
  - Tipo=1: Destination Unreachable
  - Tipo=2: Packet Too Big
  - Tipo=3: Time Exceeded
  - Otros...
- Mensaje ICMPv6 de información:
  - Tipo=128: Echo Request
  - Tipo=129: Echo Reply
  - Tipo=133: Router Solicitation
  - Tipo=134: Router Advertisement
  - Tipo=135: Neighbor Solicitation
  - Tipo=136: Neighbor Advertisement
  - Otros...



# Resolución de direcciones en IPv6



- Similar a ARP en IPv4.
  - Un nodo envía un mensaje **ICMPv6 Neighbor Solicitation** pidiendo la dirección de nivel de enlace asociada a una dirección IPv6.
  - El nodo que tiene dicha dirección IPv6 responde con un mensaje **ICMPv6 Neighbor Advertisement**, proporcionando su dirección de nivel de enlace.
- Diferencia con IPv4, no se usa *broadcast*.
  - **Nivel IPv6:** La solicitud se envía a una dirección de multicast IPv6 de nodo solicitado, calculada a partir de la dirección IPv6 por la que se pregunta. A este grupo de multicast estará unido el nodo que tenga configurada la dirección IPv6 por la que se pregunta.
  - **Nivel Ethernet:** La dirección destino IPv6 multicast se convierte en una dirección Ethernet multicast:
 

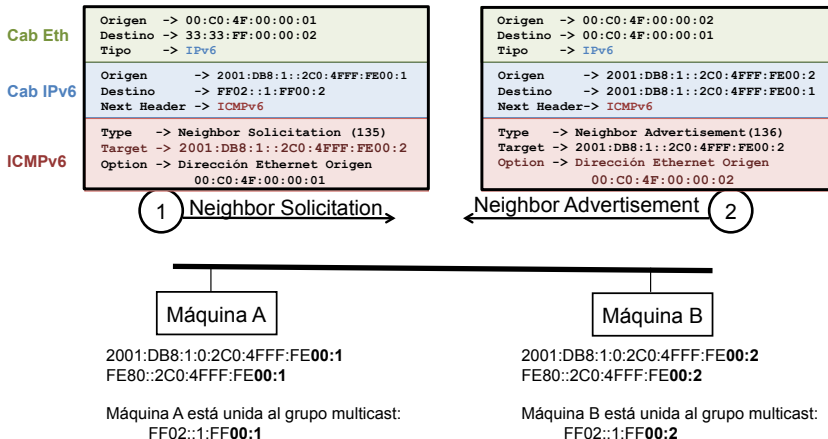
Dirección Ethernet multicast: **33:33:XX:XX:XX:XX**

donde XX:XX:XX:XX son los 32 bits menos significativos de la dirección IPv6 multicast.
  - 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 Ethernet).

# Ejemplo de resolución de direcciones en IPv6

- Resolución de la dirección que realiza pc1 al ejecutar:

```
pc1:~# ping6 2001:DB8:1:0:2C0:4FFF:FE00:2
```



# Autoconfiguración de direcciones IPv6 sin estado (RFC4862)

- Autoconfiguración de una dirección local de enlace (FE80::/16)
- Autoconfiguración de una dirección global a través de la autoconfiguración sin estado.

# Autoconfiguración de direcciones locales de enlace (FE80::) sin estado (I)

- La autoconfiguración de direcciones locales de enlace es válida para máquinas finales y para *routers*.
- La dirección IPv6 local de enlace se calcula a partir de la dirección Ethernet, tal y como se ha visto previamente.
- Antes de configurar una dirección local de enlace en una interfaz, un nodo debe saber si esta dirección se está usando ya. Para ello se ejecuta un mecanismo para la **detección de direcciones IPv6 duplicadas**.

## Autoconfiguración de direcciones locales de enlace (FE80::) sin estado (II)

- Antes de configurar una dirección IPv6 (Máquina A), el nodo envía un mensaje **ICMPv6 Neighbor Solicitation** que contiene la dirección que desea configurar a su correspondiente dirección IPv6 multicast de nodo solicitado.
  - Si nadie está utilizando dicha dirección, el nodo la configura en su interfaz como dirección local de enlace *scope link* y a partir de ese momento el nodo tiene conectividad IPv6 con sus vecinos.
  - Si otro nodo la está utilizando (Máquina B) contesta con un mensaje **ICMPv6 Neighbor Advertisement** . El proceso de autoconfiguración se detiene y la configuración de la Máquina A habrá que hacerla de forma manual, dicha dirección local de enlace queda configurada como *tentative address*.

# Autoconfiguración de direcciones locales de enlace (FE80::) sin estado (III)

Cab Eth	Origen -> 00:C0:4F:00:00:01 Destino -> 33:33:FF:00:00:01 Tipo -> IPv6	Origen -> 00:C0:4F:00:00:01 Destino -> 33:33:00:00:00:01 Tipo -> IPv6
Cab IPv6	Origen -> 0::0 Destino -> FF02::1:FF00:1 Next Header -> ICMPv6	Origen -> FE80::2C0:4FFF:FE00:1 Destino -> FF02::1 Next Header-> ICMPv6
ICMPv6	Type -> Neighbor Solicitation (135) Target -> FE80::2C0:4FFF:FE00:1	Type -> Neighbor Advertisement (136) Target -> FE80::2C0:4FFF:FE00:1 Option -> Dirección Ethernet Origen 00:C0:4F:00:00:01

① Neighbor Solicitation →

← Neighbor Advertisement ②



Máquina A  
FE80::2C0:4FFF:FE00:1

Máquina B  
FE80::2C0:4FFF:FE00:1

Máquina A está unida al grupo multicast:  
FF02::1:FF00:1

Máquina B está unida al grupo multicast:  
FF02::1:FF00:1

# Autoconfiguración de direcciones globales sin estado/ Router and Prefix discovery

- La autoconfiguración de direcciones globales sin estado es válida para máquinas finales. Se puede utilizar conjuntamente con el mecanismo DHCPv6.
- Los *routers* envían periódicamente **ICMPv6 Router Advertisements** al grupo de multicast al que pertenecen todas las máquinas que están conectadas en el mismo nivel de enlace (FF02::1). El período podría ser grande, por este motivo una máquina que acaba de arrancar puede enviar uno o más mensajes **ICMPv6 Router Solicitation** al grupo de multicast de todos los *routers* que están conectados al mismo nivel de enlace (FF02::2).
- Los mensajes *ICMPv6 Router Advertisements* pueden contener cero o más prefijos de subred para que las máquinas finales puedan configurar sus direcciones IPv6 globales.
- Como los mensajes *ICMPv6 Router Advertisements* se envían periódicamente, las máquinas finales actualizarán su configuración en función del contenido de dichos mensajes.
- Por defecto, todas las direcciones IPv6 que se vayan a configurar en una interfaz deberán ejecutar el mecanismo para saber si dicha dirección es única, enviando para ello un mensaje *ICMPv6 Neighbor Solicitation*. Este proceso puede resultar pesado si hay muchas máquinas y se podría desactivar.
- Adicionalmente, los mensajes *ICMPv6 Router Advertisements* llevan información de cuál es el *router* por defecto que se utilizará para la configuración de la ruta por defecto en las máquinas.



# Mensajes ICMPv6 Router Advertisements

Cab Eth

```

Origen -> 00:C0:4F:00:00:01
Destino -> 33:33:00:00:00:01
Tipo -> IPv6
  
```

Cab IPv6

```

Origen -> FE80::2C0:4FFF:FE00:1
Destino -> FF02::1
Next Header -> ICMPv6
  
```

ICMPv6

```

Tipo -> Router Advertisement(134)
Cur hop limit -> 64
Router lifetime -> 30
Reachable time -> 0
Retrans timer -> 0
OPCIONES:
  PREFIX INFORMATION:
    Prefix length -> 64
    Valid lifetime -> 86400
    Preferred lifetime -> 14400
    Prefix -> 2001:DB8:1:0::
  DIRECCIÓN ETHERNET ORIGEN:
    FE80::2C0:4FFF:FE01:1
  
```

① Router Advertisement →

Router

2001:db8:1:0:2C0:4FFF:FE00:1  
FE80::2C0:4FFF:FE00:1

Máquina A

FE80::2C0:4FFF:FE00:2

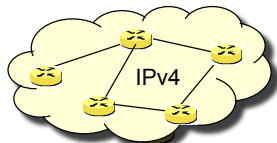
# Mensajes ICMPv6 Router Advertisements

- Estos mensajes sólo los envían los routers.
- Información obligatoria del mensaje:
  - **Cur hop limit:** Campo límite de saltos cuando se envíen paquetes IPv6.
  - **Router Lifetime:** número de segundos que las máquinas deben usar a este *router* como *router* por defecto. Si no se desea que las máquinas configuren a este *router* como *router* por defecto, su valor debe ser 0.
  - **Reachable time:** número de milisegundos que una máquina debe considerar a un vecino como alcanzable en la caché de vecinos, después de haber recibido el mensaje *Neighbor Advertisement*.
  - **Retrans timer:** tiempo en milisegundos entre retransmisiones de mensajes *Neighbor Solicitation*.
- Información **opcional** del mensaje:
  - Información de prefijo de subred
    - **Valid lifetime:** tiempo de vida del prefijo. Cada vez que se recibe un anuncio, el temporizador arranca con el valor que viaja en este campo. Si es cero es que ese prefijo ya no es válido.
    - **Preferred lifetime:** tiempo a partir del cuál la dirección sólo se puede seguir utilizando para las conexiones que ya están abiertas.
    - **Prefix:** prefijo
  - ICMPv6 option (Source link-layer address): la dirección Ethernet de la interfaz del router que envía el mensaje.
  - ICMPv6 option (MTU)

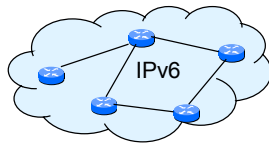
# Contenidos

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

## Escenarios de transición de IPv4 e IPv6

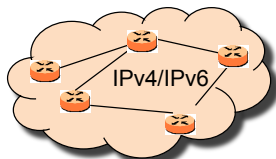


Red sólo IPv4

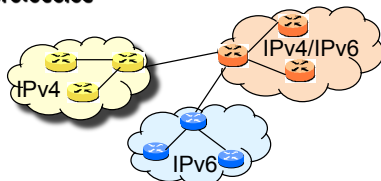


Red sólo IPv6

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

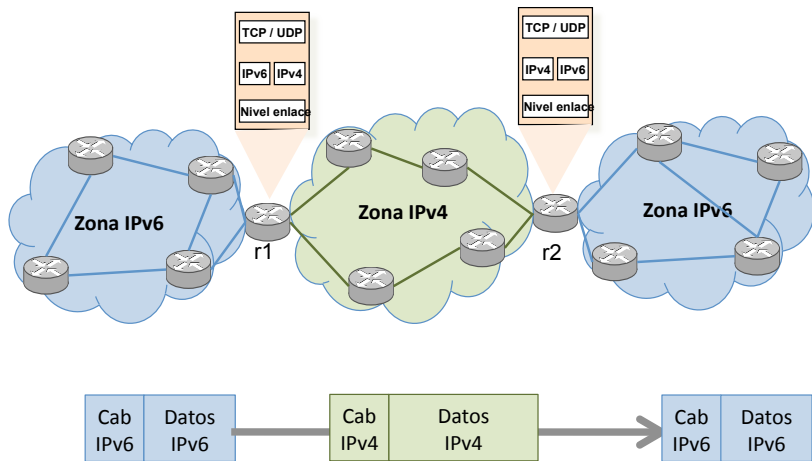


Red dual

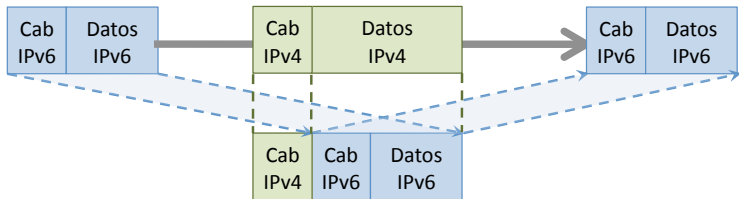
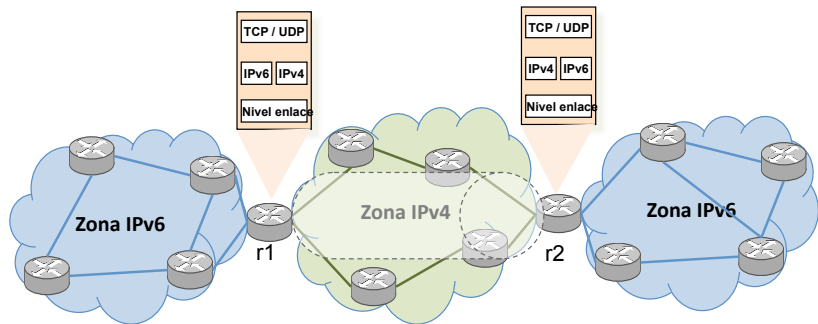


Red heterogénea

# Túnel: IPv6 dentro de IPv4 (I)



# Túnel: IPv6 dentro de IPv4 (II)



# Contenidos

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

# Referencias

- RFC 2460 Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, Dec 1998.
- RFC 4291 IP Version 6 Addressing Architecture, Feb 2006.
- RFC 4193 Unique Local IPv6 Unicast Addresses, Oct 2005
- RFC 4861 Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6), Sep 2007
- RFC 4443 Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification, Mar 2006.
- RFC 4213 Basic Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers, Oct 2005.