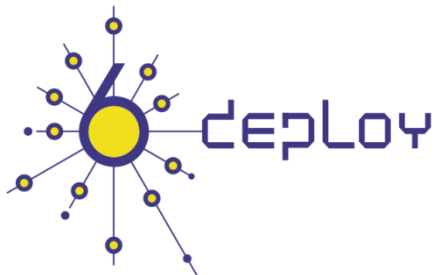


IPv6 Startup

Lima, Perú

Mayo, 2009

Jordi Palet, Consulintel
(jordi.palet@consulintel.es)



Agenda

1. Instalación de IPv6 en varias plataformas (Windows XP/2003/Vista/W2K, Linux, BSD)
2. Configuración básica Stateless/Stateful, privacidad, rutas estáticas
3. Configuración de mecanismos de transición
4. Ejemplos de aplicaciones varias

Parte 1

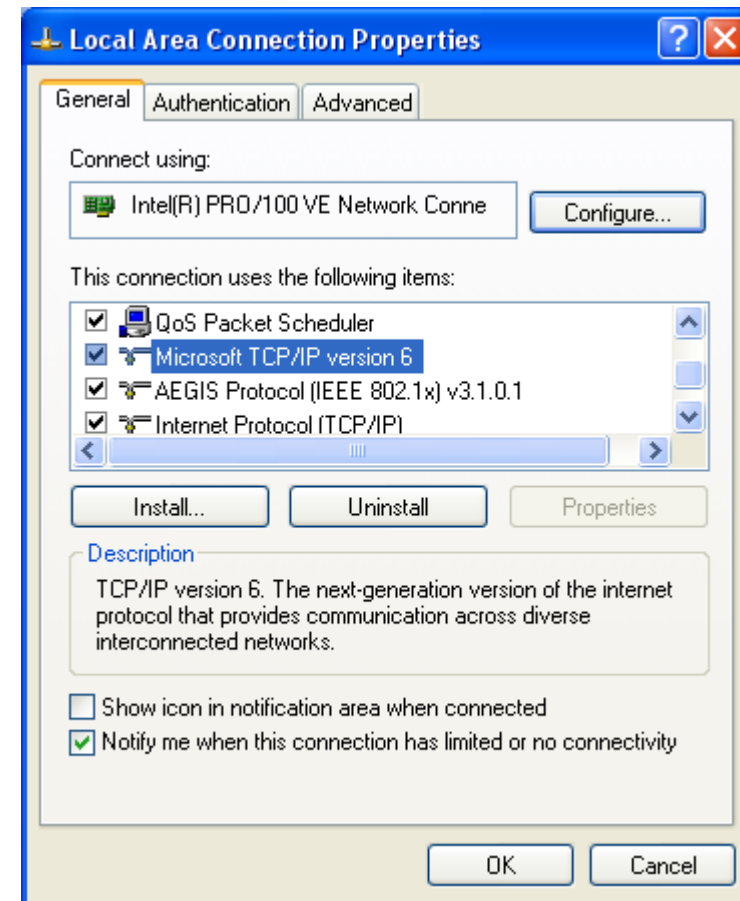
Instalación de IPv6 en varias plataformas (XP/2003/Vista/W2K, Linux, BSD)

Instalación de IPv6: XP/2003 (1)

- En una ventana de DOS:
 - **ipv6 install** Instala IPv6 como protocolo de Red
 - **ipconfig** o **ipv6 if** para verificar si esta instalado IPv6

Instalación de IPv6: XP/2003 (2)

- Otra opción para verificar si esta instalado IPv6
 - Network Connections > Local Area Coneccion > Properties
- También se puede instalar/desinstalar desde aquí



Instalación de IPv6: XP/2003 (3)

- **ipv6 uninstall** Quita IPv6 como protocolo de Red
 - **ipconfig** o **ipv6 if** para verificar si esta desinstalado IPv6

Instalación de IPv6: Vista (1)

- ¡No es necesario hacer nada!
 - IPv6 está instalado por defecto ☺
 - La configuración esta basada en entorno gráfico ☺
- Otras características nuevas
 - Soporte completo IPsec
 - MLDv2
 - Link-Local Multicast Name Resolution (LLMNR)
 - No requiere un servidor DNS. Los nodos IPv6 en un segmento piden el nombre a una dirección IPv6 multicast. Similar al funcionamiento de NetBIOS.
 - Soporte de direcciones IPv6 en URLs
 - IPv6 sobre PPP
 - DHCPv6, en el cliente y el servidor
 - Identificadores de Interface por defecto:
 - Similares a las extensiones de Privacidad pero permite su inclusion en DNS
 - Teredo soporta NATs simétricos
 - Activo por defecto. Solo se utiliza si la aplicación requiere soporte IPv6 y no esta disponible de forma nativa.

Instalación de IPv6: Vista (2)

- El uso de netsh también es posible. Requiere iniciar DOS con privilegios de administración.
- Desinstalación
 - No puede ser desactivado ya que esta completamente integrado con IPv4
- Puede ser desactivado para una interfaz de red concreta
 - A través del GUI
- Algunos componentes de IPv6 pueden ser definidos a través del registro:
 - Crear registro (tipo DWORD) : HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\tcpip6\Parameters\DisabledComponents
 - El valor de DisabledComponents es una máscara de bits que controla los siguientes “flags”, empezando por el bit más bajo (Bit 0 = activado, en todos los casos por defecto):
 - Bit 0 → 1 para desactivar IPv6 en todas las interfaces de tunel, incluyendo ISATAP, 6to4, y Teredo.
 - Bit 1 → 1 para desactivar todos los tuneles 6to4.
 - Bit 2 → 1 para desactivar todos los tuneles ISATAP.
 - Bit 3 → 1 para desactivar todos los tuneles Teredo.
 - Bit 4 → 1 para desactivar IPv6 en todas las interfaces de tipo “no-tunel”, incluyendo LAN, WLAN, PPP, etc.
 - Bit 5 → 1 para modificar la tabla de políticas de prefijos para que se prefiera IPv4 o IPv6. Default value is 0
 - Ejemplos de valores **DisabledComponents** para desactivar algunos componentes:

• Disable all tunnel interfaces	0x1
• Disable 6to4	0x2
• Disable ISATAP	0x4
• Disable Teredo	0x8
• Disable Teredo and 6to4	0xA
• Disable all LAN and PPP interfaces	0x10
• Disable all LAN, PPP, and tunnel interfaces	0x11
• Prefer IPv4 over IPv6	0x20
• Disable IPv6 over all interfaces and prefer IPv4 to IPv6	0xFF

Instalación de IPv6: W2K (1)

- Pila no comercial (originalmente desarrollada por Microsoft Research)
- Descargar el “Microsoft IPv6 Technology Preview for Windows 2000”:
 - Disponible en <http://www.ipv6tf.org/using/connectivity/guides.php?cid=1>
 - Téngase en cuenta que esta pila no tiene soporte comercial por parte de Microsoft
- Procedimiento de Instalación:
 - Se requieren permisos de administración
 - Extraer los ficheros “IPv6 Technology Preview”
 - Seguir el procedimiento apropiado al SPn y IE6 fixed.txt para modificar /setup/hotfix.ini
 - Ejecutar setup.exe o hotfix.exe
 - Desde el escritorio ejecutar Inicio, Parámetros, Network y Dial-up Connections. Alternativamente, click-derecho sobre Entorno de Red y propiedades
 - Click-derecho sobre la conexión LAN a la que se quiere agregar IPv6, Propiedades, Instalar, componente de red, añadir y “Microsoft IPv6 Protocol”
- En una ventana DOS:
 - **ipv6 if** para verificar que IPv6 ha sido instalado

Instalación de IPv6: W2K (2)

- Procedimiento de desinstalación:
 - Requiere permisos de administrador
 - Desde el escritorio, ejecutar Inicio, Parámetros, Network y Dial-up Connections. Alternativamente, click-derecho en Entorno de Red y Propiedades
 - Click-derecho en la conexión de red donde se desea eliminar IPv6, y entonces Propiedades, IPv6, desinstalar
 - Reiniciar
- En una ventana DOS:
 - **ipv6 if** para verificar si IPv6 ha sido desinstalado

Instalación de IPv6: Linux (1)

- Comprobar si esta instalado:

```
#test -f /proc/net/if_inet6 && echo "Kernel actual soporta IPv6"
```

- Instalar módulo:

```
#modprobe ipv6
```

- Comprobar módulo:

```
#lsmod |grep -w 'ipv6' && echo "modulo IPv6 cargado"
```

- Carga/descarga automática del modulo (/etc/modules.conf o /etc/conf.modules):

```
alias net-pf-10 ipv6 #habilita carga bajo demanda
```

```
alias net-pf-10 off #deshabilita carga bajo demanda
```

Instalación de IPv6: Linux (2)

ifconfig para verificar

```
eth0 Link encap:Ethernet HWaddr 00:E0:81:05:46:57
  inet addr:10.0.0.3 Bcast:10.0.0.255 Mask:255.255.255.0
  inet6 addr: fe80::2e0:81ff:fe05:4657/64 Scope:Link
  inet6 addr: 2001:800:40:2a05::3/64 Scope:Global
  UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
  RX packets:2010563 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
  TX packets:1700527 errors:0 dropped:0 overruns:2 carrier:0
  collisions:0 txqueuelen:100
  RX bytes:205094215 (195.5 Mb) TX bytes:247063610 (235.6Mb)
  Interrupt:11 Base address:0xe000 Memory:f8201000-f8201038
lo Link encap:Local Loopback
  inet addr:127.0.0.1 Mask:255.0.0.0
  inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
  UP LOOPBACK RUNNING MTU:16436 Metric:1
  RX packets:1675838 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
  TX packets:1675838 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
  collisions:0 txqueuelen:0
  RX bytes:659846244 (629.2 Mb) TX bytes:659846244 (629.2 Mb)
```


Instalación de IPv6: Linux (3)

Configuración permanente

- Red Hat (desde 7.1) y “clones”:

Añadir a `/etc/sysconfig/network`:

```
NETWORKING_IPV6=yes
```

Reiniciar la red:

```
# service network restart
```

O

```
#/etc/init.d/network restart
```

- SUSE:

Añadir en `/etc/sysconfig/network/ifcfg-<Interface-Name>`:

```
SUSE 8.0: IP6ADDR="<ipv6-address>/<prefix>"
```

```
SUSE 8.1: IPADDR="<ipv6-address>/<prefix>"
```

Instalación de IPv6: Linux (4)

Configuración permanente

- Debian:

Con el módulo IPv6 cargado se edita `/etc/network/interfaces`, por ejemplo:

```
iface eth0 inet6 static
    pre-up modprobe ipv6
    address 3ffe:ffff:1234:5::1:1
    # Elimina completamente la autoconfiguración:
    # up echo 0 > /proc/sys/net/ipv6/conf/all/autoconf
    netmask 64
    # El router está autoconfigurado y no tiene dirección fija.
    # Se encuentra gracias a
    # (/proc/sys/net/ipv6/conf/all/accept_ra).
    # Si no habrá que configurar el GW:
    # gateway 3ffe:ffff:1234:5::1
```

- Se reinicia o:
ifup --force eth0

Instalación de IPv6: Linux (5)

- Herramientas:

1. net-tools package

```
# /sbin/ifconfig -? 2>& 1|grep -qw 'inet6' && echo "'ifconfig' soporta IPv6"
```

```
# /sbin/route -? 2>& 1|grep -qw 'inet6' && echo "'route' soporta IPv6"
```

2. iproute package

```
# /sbin/ip 2>&1 |grep -qw 'inet6' && echo "'ip' soporta IPv6"
```

3. iputils package contiene ping6,
traceroute6 y tracepath6

Instalación de IPv6: BSD (1)

- Instalar Pila (Versiones 4.5+):
- Soporte muy bueno, la pila ya viene instalada



Parte 2

Configuración básica Stateless/Stateful, privacidad, rutas estáticas

Configuración básica: XP/2003 (1)

- Comandos Básicos en XP/2003
- Sirven para obtener información sobre el estado y realizar la configuración de interfaces, direcciones, caches, rutas, etc.
- Dos grupos de comandos:
 - **ipv6.exe** (hasta Windows XP SP1)
 - Algunos cambios no son permanentes y se pierden cuando se reinicia el PC. Se pueden ejecutar en cada inicio con un script .cmd
 - **netsh interface ipv6** (desde Windows XP SP2 y Server 2003)
 - Opcion de store=active|persistent para guardar cambios
- Equivalencias en: <http://www.microsoft.com/windowsserver2003/technologies/ipv6/ipv62netshtable.msp>

Configuración básica: XP (2)

- **Comandos “ipv6”**

- `ipv6 [-p] [-v] if [ifindex]`
- `ipv6 [-p] ifcr v6v4 v4src v4dst [nd] [pmlid]`
- `ipv6 [-p] ifcr 6over4 v4src`
- `ipv6 [-p] ifc ifindex [forwards] [-forwards] [advertises] [-advertises] [mtu #bytes] [site site-identifier] [preference P]`
- `ipv6 rlu ifindex v4dst`
- `ipv6 [-p] ifd ifindex`
- `ipv6 [-p] adu ifindex/address [life validlifetime[/preflifetime]] [anycast] [unicast]`
- `ipv6 nc [ifindex [address]]`
- `ipv6 ncf [ifindex [address]]`
- `ipv6 rc [ifindex address]`
- `ipv6 rcf [ifindex [address]]`
- `ipv6 bc`
- `ipv6 [-p] [-v] rt`
- `ipv6 [-p] rtu prefix ifindex[/address] [life valid[/pref]] [preference P] [publish] [age] [spl SitePrefixLength]`
- `ipv6 spt`
- `ipv6 spu prefix ifindex [life L]`
- `ipv6 [-p] gp`
- `ipv6 [-p] gpu [parameter value] ... (try -?)`
- `ipv6 renew [ifindex]`
- `ipv6 [-p] ppt`
- `ipv6 [-p] ppu prefix precedence P srclabel SL [dstlabel DL]`
- `ipv6 [-p] ppd prefix`
- `ipv6 [-p] reset`
- `ipv6 install`
- `ipv6 uninstall`

Configuración básica: XP/2003 (3)

- **Comandos “netsh interface ipv6”**
 - 6to4 - Changes to the `netsh interface ipv6 6to4' context
 - ? - Displays a list of commands
 - add - Adds a configuration entry to a table
 - delete - Deletes a configuration entry from a table
 - dump - Displays a configuration script
 - help - Displays a list of commands
 - install - Installs IPv6
 - isatap - Changes to the `netsh interface ipv6 isatap' context
 - renew - Restarts IPv6 interfaces
 - reset - Resets IPv6 configuration state
 - set - Sets configuration information
 - show - Displays information
 - uninstall - Uninstalls IPv6

Configuración básica: XP/2003 (4)

- **Comandos “netsh interface ipv6 add”**
 - add 6over4tunnel - Creates a 6over4 interface.
 - add address - Adds an IPv6 address on an interface.
 - add dns - Adds a static DNS server address.
 - add prefixpolicy - Adds a prefix policy entry.
 - add route - Adds an IPv6 route over an interface.
 - add v6v4tunnel - **Creates an IPv6-in-IPv4 point-to-point tunnel.**
- **Comandos “netsh interface ipv6 set”**
 - set address - Modifies IPv6 address information.
 - set global - Modifies global configuration general parameters.
 - set interface - Modifies interface configuration parameters.
 - set mobility - Modifies mobility configuration parameters.
 - set prefixpolicy - Modifies prefix policy information.
 - set privacy - Modifies privacy configuration parameters.
 - set route - Modifies route parameters.
 - set state - Sets the state of deprecated functionality.
 - set teredo - Sets Teredo state.
- **Comandos “netsh interface ipv6 show”**
 - show address - Shows IPv6 addresses.
 - show bindingcacheentries - Shows binding cache entries.
 - show destinationcache - Shows destination cache entries.
 - show dns - Displays the DNS server addresses.
 - show global - Shows global configuration parameters.
 - show interface - Shows interface parameters.
 - show joins - Shows IPv6 multicast addresses.
 - show mobility - Shows mobility configuration parameters.
 - show neighbors - Shows neighbor cache entries.
 - show prefixpolicy - Shows prefix policy entries.
 - show privacy - Shows privacy configuration parameters.
 - show routes - Shows route table entries.
 - show siteprefixes - Shows site prefix table entries.
 - show state - Shows the state of deprecated functionality.
 - show teredo - Shows Teredo service state.

Configuración básica: XP/2003 (5)

- Información de interfaces
- **ipconfig [/all]**
- **ipv6 [-v] if [IfIndex]**
- Ejemplo: ipv6 if 5

```
Interface 5: Ethernet: Local Area Connection
Guid {F5149413-6E54-4FDA-87BD-24067735E363}
uses Neighbor Discovery
uses Router Discovery
link-layer address: 00-01-4a-18-26-c7
preferred global 2001:db8::2, life infinite (manual)
preferred global 2001:db8::4, life infinite (manual)
preferred global 2001:db8::fde7:a76f:62d5:3bb9, life 6d21h3m20s/21h33s (temporary)
preferred global 2001:db8::201:4aff:fe18:26c7, life 29d23h51m39s/6d23h51m39s (public)
preferred link-local fe80::201:4aff:fe18:26c7, life infinite
multicast interface-local ff01::1, 1 refs, not reportable
multicast link-local ff02::1, 1 refs, not reportable
multicast link-local ff02::1:ff18:26c7, 2 refs, last reporter
multicast link-local ff02::1:ffd5:3bb9, 1 refs, last reporter
multicast link-local ff02::1:ff00:4, 1 refs, last reporter
multicast link-local ff02::1:ff00:2, 1 refs, last reporter
link MTU 1500 (true link MTU 1500)
current hop limit 64
reachable time 29000ms (base 30000ms)
retransmission interval 1000ms
DAD transmits 1
default site prefix length 48
```

Configuración básica : XP/2003 (6)

- Ping en XP/2003
- **ping6 [-t] [-a] [-n count] [-l size] [-w timeout] [-s srcaddr] [-r] dest**
 - t Ping the specified host until interrupted
 - a Resolve addresses to hostnames
 - n count Number of echo requests to send
 - l size Send buffer size
 - w timeout Timeout in milliseconds to wait for each reply
 - s srcaddr Source address to use
 - r Use routing header to test reverse route also
- Basta utilizar el comando **ping** en lugar **ping6** si la petición DNS devuelve un registro AAAA

Configuración básica : XP/2003 (7)

- **Ejemplos de Ping en XP/2003**
- **ping6 www.ipv6tf.org**

Pinging www.ipv6tf.org [2001:800:40:2a03::3]
from 2001:800:40:2a05:9c4d:b1cd:98d5:5a32 with 32 bytes of data:
Reply from 2001:800:40:2a03::3: bytes=32 time<1ms
Reply from 2001:800:40:2a03::3: bytes=32 time<1ms
Reply from 2001:800:40:2a03::3: bytes=32 time<1ms
Reply from 2001:800:40:2a03::3: bytes=32 time<1ms
Ping statistics for 2001:800:40:2a03::3:
Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

Configuración básica : XP/2003 (8)

- **Ejemplos de Ping en XP/2003**

- **ping ::1**

Pinging ::1 from ::1 with 32 bytes of data:

Reply from ::1: bytes=32 time<1ms

Reply from ::1: bytes=32 time<1ms

Reply from ::1: bytes=32 time<1ms

Reply from ::1: bytes=32 time<1ms

Ping statistics for ::1:

Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

- **ping6 fe80::201:4aff:fe18:26c7 (link-local propia)**

Pinging fe80::201:4aff:fe18:26c7 from fe80::201:4aff:fe18:26c7%5 with 32 bytes of data:

Reply from fe80::201:4aff:fe18:26c7%5: bytes=32 time<1ms

Reply from fe80::201:4aff:fe18:26c7%5: bytes=32 time<1ms

Reply from fe80::201:4aff:fe18:26c7%5: bytes=32 time<1ms

Reply from fe80::201:4aff:fe18:26c7%5: bytes=32 time<1ms

Ping statistics for fe80::201:4aff:fe18:26c7:

Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

Configuración básica : XP/2003 (9)

- Paréntesis 1: ¿Qué vecinos tengo?
 - **netsh interface ipv6 show neighbors**

...

Interface 5: Local Area Connection

Internet Address	Physical Address	Type
fe80::201:4aff:fe18:26c7	00-01-4a-18-26-c7	Permanent
fe80::200:87ff:fe28:a0e0	00-00-87-28-a0-e0	Stale (router)
2001:db8::201:4aff:fe18:26c7	00-01-4a-18-26-c7	Permanent
2001:db8::fde7:a76f:62d5:3bb9	00-01-4a-18-26-c7	Permanent
2001:db8::2a03::3	00-e0-81-05-46-57	Stale
2001:db8::1	00-00-87-28-a0-e0	Stale
2001:db8::2	00-01-4a-18-26-c7	Permanent
2001:db8::4	00-01-4a-18-26-c7	Permanent

- Paréntesis 2: La referencia a una interfaz se hace con %
 - %5 se refiere a la interfaz 5

Configuración básica : XP/2003 (9)

- **Ejemplos de Ping en XP/2003**
- **ping fe80::200:87ff:fe28:a0e0%5 (link-local vecino en la interfaz 5)**
Pinging fe80::200:87ff:fe28:a0e0%5 from fe80::201:4aff:fe18:26c7%5 with 32 bytes of data:
Reply from fe80::200:87ff:fe28:a0e0%5: bytes=32 time<1ms
Reply from fe80::200:87ff:fe28:a0e0%5: bytes=32 time<1ms
Reply from fe80::200:87ff:fe28:a0e0%5: bytes=32 time<1ms
Reply from fe80::200:87ff:fe28:a0e0%5: bytes=32 time<1ms
Ping statistics for fe80::200:87ff:fe28:a0e0%5:
Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

Configuración básica : XP/2003 (10)

- Traceroute en XP/2003
- **tracert6 [-d] [-h maximum_hops] [-w timeout] [-s srcaddr] target_name**
 - d Do not resolve addresses to hostnames
 - h max_hops Maximum number of hops to search for target
 - w timeout Wait timeout milliseconds for each reply
 - s srcaddr Source address to use
 - r Use routing header to test reverse route also
- Basta utilizar el comando **tracert** en lugar **tracert6** si la petición DNS devuelve un registro AAAA

Configuración básica : XP/2003 (11)

- **Ejemplos de Traceroute en XP/2003:**
- **tracert www.lacnic.net**

Tracing route to lacnic.net [2001:12ff:0:2::15] over a maximum of 30 hops:

```
1  1 ms  <1 ms  <1 ms  gr2000-00.consulintel.euro6ix.org [2001:800:40:2a05::1]
2  <1 ms  *      1 ms  2001:800:40:2f02::1
3  4 ms   1 ms   1 ms  2001:800:40:2f01::2
4  10 ms  4 ms   4 ms  data-to-tid.tid.euro6ix.org [2001:800:40:2f1a::2]
5  200 ms 189 ms 189 ms 3ffe:80a::1
6  388 ms 390 ms 388 ms v6gw.isc.registro.br [2001:4f8:0:1::10:2]
7  396 ms 396 ms 387 ms lacnic.net [2001:12ff:0:2::15]
```

Trace complete.

Configuración básica : XP/2003 (12)

- Agregar una dirección:
- **netsh interface ipv6 add address**
InterfaceNameOrIndex IPv6Address
[[type=]unicast|anycast]
[[validlifetime=]Minutes|infinite]
[[preferredlifetime=]Minutes|infinite]
[[store=]active|persistent]
- Ejemplo: netsh interface ipv6 add address 5
2001:db8::2 type=unicast validlifetime=infinite
preferredlifetime=10m store=active
- Revisar configuración con **ipv6 if 5**

Configuración básica : XP/2003 (13)

- Modificar opciones de una dirección existente:
- **netsh interface ipv6 set address**
[interface=]<string> [address=]<IPv6 address>
[[type=]unicast|anycast]
[[validlifetime=]<integer>|infinite]
[[preferredlifetime=]<integer>|infinite]
[[store=]active|persistent]
- Ejemplo: netsh interface ipv6 set address 5
2001:db8::2 preferredlifetime=infinite
- Revisar configuración con **ipv6 if 5**

Configuración básica : XP/2003 (14)

- Eliminar una dirección:
- **netsh interface ipv6 delete address**
[interface=]<string> [address=]<IPv6 address>
[[store=]active|persistent]
- Ejemplo: netsh interface ipv6 delete address 5
2001:db8::2 store=persistent
- Revisar configuración con **ipv6 if 5**

Configuración básica : XP/2003 (15)

- Agregar una ruta:
- **netsh interface ipv6 add route**
[[prefix=]IPv6Address/Integer
[[interface=]String]
[[nexthop=]IPv6Address]
[[siteprefixlength=]Integer]
[[metric=]Integer] [[publish=]{no | yes
| immortal} [[validlifetime=]{Integer |
infinite}] [[preferredlifetime=]{Integer
| infinite}] [[store=]{active |
persistent}]
- Ejemplo: netsh interface ipv6 add route
2002::/16 5 fe80::200:87ff:fe28:a0e0
store=persistent
- Arriba, fe80::200:87ff:fe28:a0e0 es la puerta de enlace

Configuración básica : XP/2003 (16)

- Mostrar rutas:
- **netsh interface ipv6 show routes**
[[level=]{normal | verbose}]
[[store=]{active | persistent}]
- Ejemplo: netsh interface ipv6 show routes

Querying active state...

Publish	Type	Met	Prefix	Idx	Gateway/Interface Name
no	Manual	0	2002::/16	5	fe80::200:87ff:fe28:a0e0
no	Autoconf	8	2001:db8::/64	5	Local Area Connection
no	Autoconf	256	::/0	5	fe80::200:87ff:fe28:a0e0

Configuración básica: XP/2003 (17)

- Eliminar una ruta:
- **netsh interface ipv6 delete route [prefix=]<IPv6 address>/<integer> [interface=]<string> [[nexthop=]<IPv6 address>] [[store=]active|persistent]**
- Ejemplo: netsh interface ipv6 delete route 2002::/16 5 fe80::200:87ff:fe28:a0e0 store=persistent
- Revisar con **netsh interface ipv6 show routes**

Configuración básica: XP/2003 (18)

- Añadir un Servidor DNS:
- **netsh interface ipv6 add dns**
[[interface=]String]
[[address=]IPv6Address]
[[index=]Integer]
- Ejemplo: netsh interface ipv6 add dns “Local area network” 2001:7f9:1000:1::947c 1
- El “index” representa la posición del servidor DNS que se ha configurado en la lista de servidores DNS

Configuración básica: XP/2003 (19)

- Mostrar servidores DNS:
- **netsh interface ipv6 show dns**
[[interface=]string]
- Ejemplo: netsh interface ipv6 show dns

DNS servers in LAN interface

Index	DNS server
1	2001:7f9:1000:1::947c
2	2001:7f9:1000:1::947c

Configuración básica: XP/2003 (20)

- Borrar un Servidor DNS:
- **netsh interface ipv6 delete dns [interface=]<string> [[address=]<IPv6 address>|all]**
- Ejemplo: netsh interface ipv6 delete dns “Local area network” all
- Verificar mediante **netsh interface ipv6 show dns**

Configuración básica: Linux (1)

Comandos básicos (1)

- ifconfig
- ping6 <hostcondirIPv6>|<dirIPv6>|[-I <interfaz>] <link-local-ipv6address>
- traceroute6 <hostcondirIPv6>|<dirIPv6>
- tracepath6 <hostcondirIPv6>|<dirIPv6>
- tcpdump

Configuración básica: Linux (2)

```
# ping6 ::1
```

```
PING ::1(::1) 56 data bytes
```

```
64 bytes from ::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.047 ms
```

```
64 bytes from ::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.039 ms
```

```
64 bytes from ::1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.042 ms
```

```
64 bytes from ::1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.020 ms
```

```
--- ::1 ping statistics ---
```

```
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 2999ms
```

```
rtt min/avg/max/mdev = 0.020/0.037/0.047/0.010 ms
```

```
# ping6 -I eth0 fe80::2e0:81ff:fe05:4657
```

```
PING fe80::2e0:81ff:fe05:4657(fe80::2e0:81ff:fe05:4657) from ::1 eth0: 56 data bytes
```

```
64 bytes from fe80::2e0:81ff:fe05:4657: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.056 ms
```

```
64 bytes from fe80::2e0:81ff:fe05:4657: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.055 ms
```

```
64 bytes from fe80::2e0:81ff:fe05:4657: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.048 ms
```

```
64 bytes from fe80::2e0:81ff:fe05:4657: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.128 ms
```

```
--- fe80::2e0:81ff:fe05:4657 ping statistics ---
```

```
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 2997ms
```

```
rtt min/avg/max/mdev = 0.048/0.071/0.128/0.034 ms
```


Configuración básica: Linux (3)

Comandos básicos (2)

- Añadir una dirección IPv6

```
# /sbin/ip -6 addr add <ipv6address>/<prefixlength> dev <interface>
```

```
# /sbin/ifconfig <interface> inet6 add <ipv6address>/<prefixlength>
```

- Eliminar una dirección IPv6

```
# /sbin/ip -6 addr del <ipv6address>/<prefixlength> dev <interface>
```

```
# /sbin/ifconfig <interface> inet6 del <ipv6address>/<prefixlength>
```

Configuración básica: Linux (4)

Rutas estáticas

- Ver rutas IPv6

```
# /sbin/ip -6 route show [dev <device>]
```

```
# /sbin/route -A inet6
```

- Añadir ruta a través de una puerta de enlace

```
# /sbin/ip -6 route add <ipv6network>/<prefixlength> via <ipv6address>  
[dev <device>]
```

```
#!/sbin/route -A inet6 add <ipv6network>/<prefixlength> gw <ipv6address>  
[dev <device>]
```

Configuración básica: Linux (5)

- Eliminar ruta a través de una puerta de enlace

```
# /sbin/ip -6 route del <ipv6network>/<prefixlength> via <ipv6address>  
[dev <device>]
```

```
# /sbin/route -A inet6 del <network>/<prefixlength> [dev <device>]
```

- Añadir ruta a través de una interfaz

```
# /sbin/ip -6 route add <ipv6network>/<prefixlength> dev <device> metric 1
```

```
# /sbin/route -A inet6 add <network>/<prefixlength> dev <device>
```

Configuración básica: Linux (6)

- Eliminar ruta a través de una interfaz

```
# /sbin/ip -6 route del <ipv6network>/<prefixlength> dev <device>
```

```
# /sbin/route -A inet6 del <network>/<prefixlength> dev <device>
```

- Visualizar tabla de “vecinos”

```
# ip -6 neigh show [dev <device>]
```

- Añadir entrada a la tabla de “vecinos”

```
# ip -6 neigh add <IPv6 address> lladdr <link-layer address> dev <device>
```

- Eliminar entrada a la tabla de “vecinos”

```
# ip -6 neigh del <IPv6 address> lladdr <link-layer address> dev <device>
```


Configuración básica: BSD (1)

Comandos básicos:

- Añadir una dirección IPv6

```
#>ifconfig <interface> inet6 add <dir. IPv6>
```

- Eliminar una dirección IPv6

```
#>ifconfig <interface> inet6 del <dir. IPv6>
```

Configuración básica: BSD (2)

- **Configuración permanente:**

Se hace en el fichero /etc/rc.conf:

```
ipv6_enable="YES"
```

```
ipv6_ifconfig_rlo="2001:618:10:4::4 prefixlen 64"
```

En /etc/defaults/rc.conf se pueden consultar las posibles opciones existentes y las que se usan por defecto.

- Para aplicar cambios en rc.conf habrá que reiniciar

Configuración básica: BSD (3)

Rutas estáticas

- Añadir ruta por defecto:

```
#>route -n add -inet6 default <dir. IPv6>
```

- Eliminar ruta por defecto:

```
#>route -n del -inet6 default
```

Configuración básica: Ejercicios 1

- Tratar de hacer ping6 a la dirección link-local de otra máquina
- A la vez, tratar de capturar paquetes con tcpdump:

```
# tcpdump -t -n -i eth0 -s 512 -vv ip6 or proto ipv6
```

- Otras formas de ver direcciones:

```
# /sbin/ip -6 addr show dev eth2
```

```
# ifconfig eth0
```

Añadir y quitar la dirección

```
2001:800:40:2a09:1:2:3:4 a la interfaz eth0
```


Configuración básica: Ejercicio 2

Linux

- Añadir y eliminar una ruta a través de una puerta de enlace
- Añadir y eliminar una ruta a través de una interfaz
- Visualizar tabla de vecinos
- Añadir y eliminar un vecino

BSD

- Añadir y eliminar una ruta a través de un puerta de enlace

Autoconfiguración Stateless (1)

- RFC 2462: IPv6 Stateless Address Autoconfiguration
- [STATELESS] Proporciona información sobre:
 - Prefijo de red
 - Enrutamiento
- Direcciones globales se forman con la unión de dos elementos
 - Identificador de interfaz (de 64 bits basado en EUI-64, y usualmente obtenido de una dirección IEEE 48 bit MAC)
 - Prefijo obtenido de la opciones de Prefix Information contenida en los Router Advertisements
- Facilita la autoconfiguración
 - El usuario no necesita introducir ningún parámetro de red para que el nodo final tenga conectividad IPv6 nativa

Autoconfiguración Stateless (2)

- En hosts con Windows XP/2003 esta activada por defecto
- **ipconfig** o **ipv6 if** para revisar cual es la dirección autoconfigurada
- Ejemplo: **2001:db8:10:10:201:4aff:fe18:26c7**
 - Identificador de interfaz EUI-64 obtenido de una dirección MAC: 4aff:fe18:26c7
 - Prefijo dado por el router: **2001:db8:10:10**

Stateless: Ejercicio 1 (1)

- Configurar un router linux para enviar paquetes RA a la red
- Obtener la implementación del daemon 'radvd' adecuada a la distribución Linux
 - <http://www.rpmfind.net/linux/rpm2html/search.php?query=radvd&submit=Search+...>
- Instalarla
- Habilitar la funcionalidad de routing
 - `echo 1 > /proc/sys/net/ipv6/conf/all/forwarding`
- Generar el fichero `/etc/radvd.conf` con el siguiente contenido

Stateless: Ejercicio 1 (2)

```
interface eth00
{
    AdvSendAdvert on;

    MinRtrAdvInterval 3;
    MaxRtrAdvInterval 5;

    AdvHomeAgentFlag off;

    prefix 2001:8500:40:2a30::/64
    {
        AdvOnLink off;
        AdvAutonomous on;
        AdvRouterAddr off;
    };
};
```

Stateless: Ejercicio 1 (3)

- Arrancar el demonio radvd
 - radvd
- Comprobar las direcciones obtenidas en otros PC conectados a la misma red

Autoconfiguración Stateful (1)

- [STATEFUL] Similar al funcionamiento DHCP en IPv4
- Se proporciona una dirección IPv6 que puede ser diferente cada vez que se conecta un nodo
- Proporciona información complementaria a la proporcionada por stateless
 - Servidor DNS (puede ser IPv6)
 - Nombre dominio
 - Servidor NTP (puede ser IPv6)
 - Servidor SIP (puede ser IPv6)
 - Nombre dominio SIP
 - Prefix delegation
 - Etc.
- Las implementaciones de DHCPv6 no están aún disponibles en los Sistemas Operativos habituales
 - Necesario realizar la instalación específica de una aplicación que implemente la funcionalidad DHCPv6 (server y/o client)
 - <http://klub.com.pl/dhcpv6/>
 - <http://sourceforge.net/projects/dhcpv6-linux/>

Stateful: Ejercicio 1 (1)

- Configurar un servidor DHCPv6 en Linux
 - Obtener la implementación de DHCPv6 para linux de: <http://klub.com.pl/dhcpv6/dibbler/dibbler-0.4.0-linux.tar.gz>
 - Descomprimir el fichero
 - `tar -xvzf dibbler-0.4.0-linux.tar.gz`
 - Crear los directorios
 - `/var/lib/dibbler`
 - `/etc/dibbler`

Stateful: Ejercicio 1 (2)

- Modificar el contenido del fichero server.conf
 - log-level 7
 - log-mode short

 - iface eth0 {
 - T1 1000
 - T2 2000
 - class {
 - pool 2001:3820:40:2a03::10-2001:3820:40:2a03:ffff:ffff:ffff:ffff
 - }

 - option dns-server 2001:800:40:2a03::2, 2001:800:40:2a04::2
 - option domain example.com, test1.example.com

 - }
- Las direcciones proporcionadas estarán en el rango 2001:3820:40:2a03::/64 a partir de la 2001:3820:40:2a03::10
- Copiar el fichero server.conf en el directorio /etc/dibbler
- Arrancar el servidor dhcpv6
 - dhcpv6-server run

Stateful: Ejercicio 2 (1)

- Configurar un cliente DHCPv6 en Linux
 - Obtener la implementación de DHCPv6 para linux de: <http://klub.com.pl/dhcpv6/dibbler/dibbler-0.4.0-linux.tar.gz>
 - Descomprimir el fichero
 - `tar -xvzf dibbler-0.4.0-linux.tar.gz`
 - Crear los directorios
 - `/var/lib/dibbler`
 - `/etc/dibbler`

Stateful: Ejercicio 2 (2)

- Modificar el contenido del fichero client.conf
 - log-mode short
 - iface eth0
 - {
 - IA
 - option dns-server
 - option domain
 - }
- La configuración es para obtener
 - una dirección IPv6
 - servidores dns
 - nombre del dominio
- Copiar el fichero client.conf en el directorio /etc/dibbler
- Arrancar el client dhcpv6
 - dhcpv6-client run
- Con 'ifconfig eth0' se puede observar la dirección obtenida
- En el fichero /etc/resolv se puede observar los servidores dns obtenidos
- No se obtiene información de routing, por lo que no se puede hacer ping
 - Esta información es proporcionada por la autoconfiguración stateless (RA)

Privacidad (1)

- RFC 3041: Privacy Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6
- Extensión de Autoconfiguración Stateless
- Para generar una dirección global que cambie con el tiempo
- Dificulta recolectar información para identificar que transacciones corresponden a un nodo

Privacidad (2)

- En hosts con Windows XP/2003 esta activada por defecto
- **ipconfig** o **ipv6 if** para revisar cual es la dirección autoconfigurada
- Existen dos formas de desactivarlo:
 1. **netsh interface ipv6 set privacy state=disabled store=persistent**
 2. **ipv6 [-p] gpu UseTemporaryAddresses no**
- Para revisar el cambio: “disable” y “enable” la interfaz física en Network Connection, entonces **ipconfig** o **ipv6 if**

Privacidad (3)

- **Más opciones en comandos netsh:**
- netsh interface ipv6 set privacy
[[state=]enabled|disabled]
[[maxdadattempts=]<integer>
[[maxvalidlifetime=]<integer>
[[maxpreferredlifetime=]<integer>
[[regeneratetime=]<integer>
[[maxrandomtime=]<integer>
[[randomtime=]<integer>] [[store=]active|
persistent]



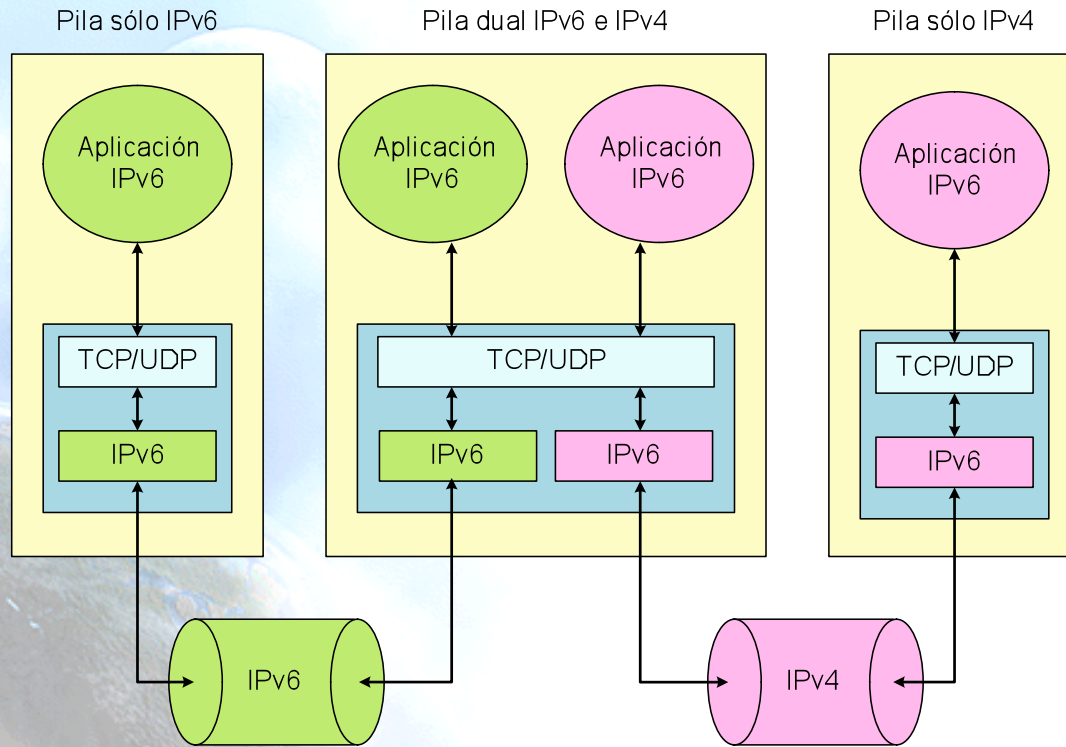
Parte 3

Configuración de mecanismos de transición

Mecanismos de transición

- IPv6 ha sido diseñado de tal forma que se facilite la transición y coexistencia con IPv4
- Se han diseñado diferentes estrategias para la coexistencia con redes/nodos IPv4
 - Doble pila, o soporte simultáneo de IPv4 e IPv6
 - Túneles, o encapsulado de IPv6 sobre IPv4 (y viceversa)
 - Son los más utilizados
 - Traducción IPv4/IPv6, como último recurso, dado que no es perfecto

Doble pila (1)

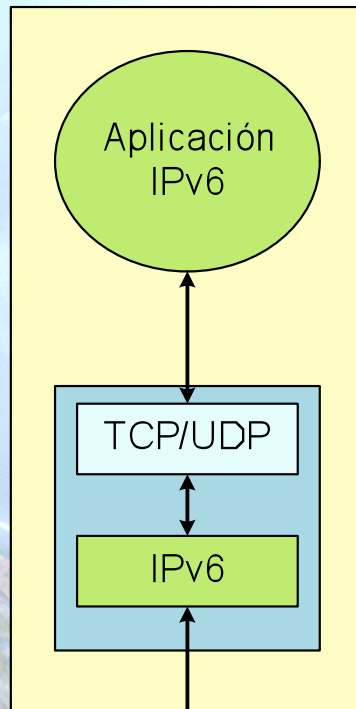


Mécanismo basado en doble pila

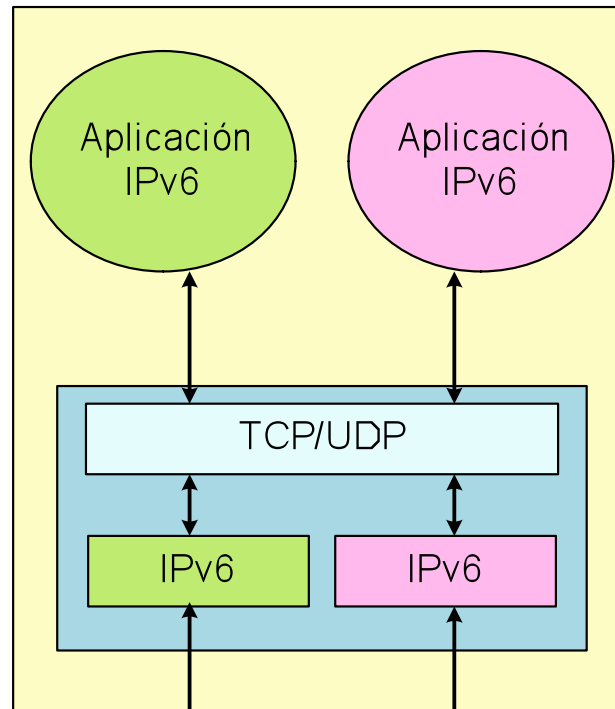
- Los nodos tienen implementadas las pilas IPv4 e IPv6
- Comunicaciones con nodos solo IPv6 ==> Pila IPv6, asumiendo soporte IPv6 en la red
- Comunicaciones con nodos solo IPv4 ==> Pila IPv4

Doble pila (2)

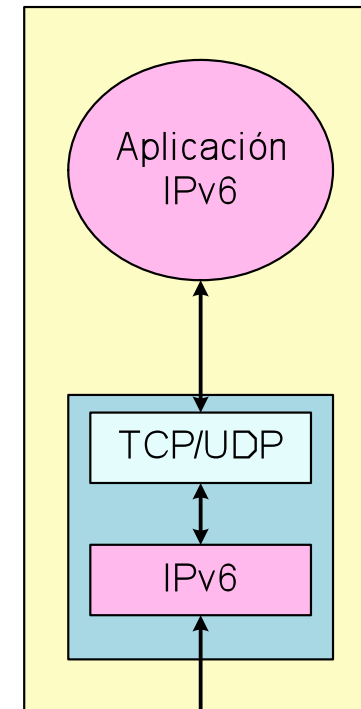
Pila sólo IPv6



Pila dual IPv6 e IPv4

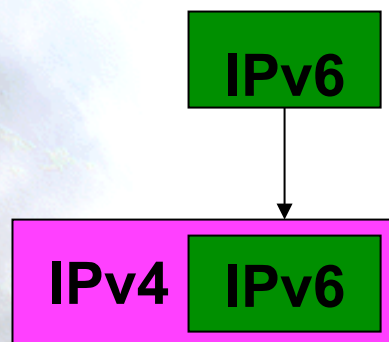
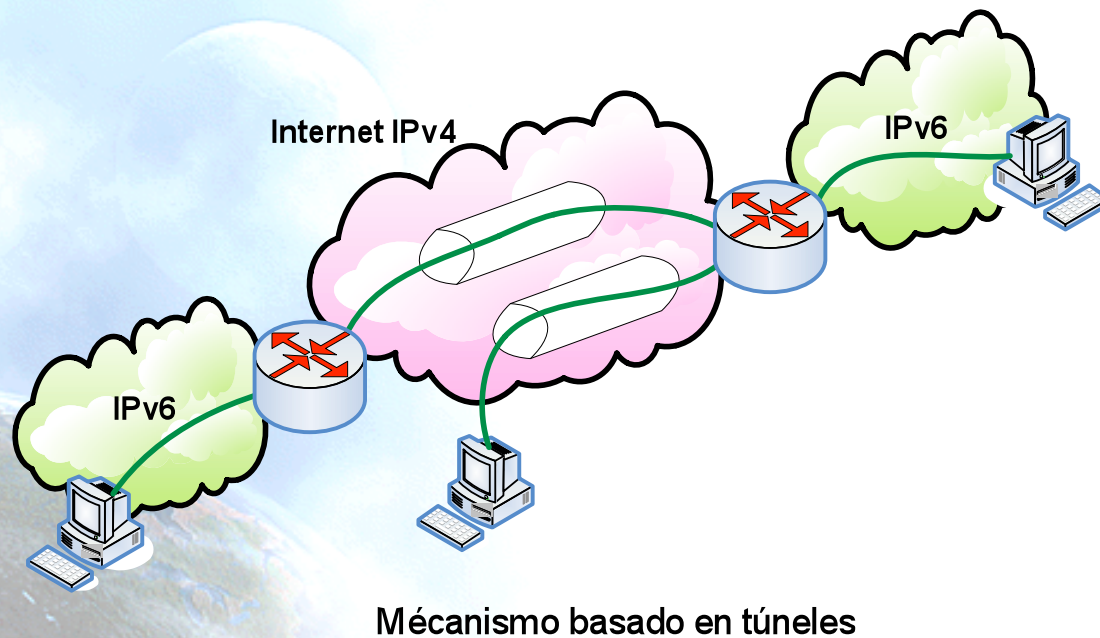


Pila sólo IPv4



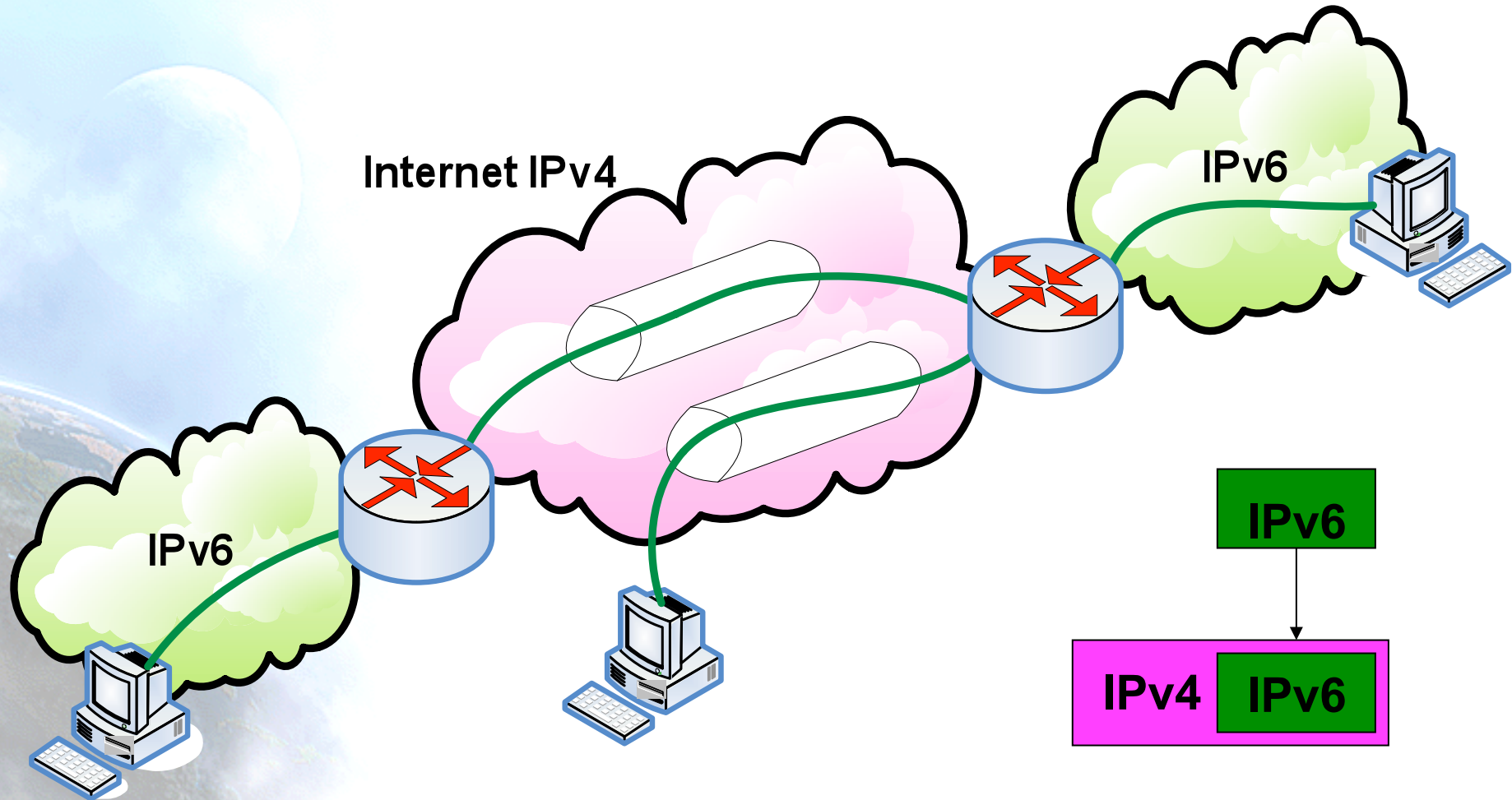
Mécanismo basado en doble pila

Túneles IPv6 en IPv4 (1)



- Usado para proporcionar conectividad IPv6 en redes que solo tiene soporte IPv4
- Se encapsulan paquetes IPv6 dentro de paquetes IPv4
- Los paquetes resultantes viajan por redes IPv4

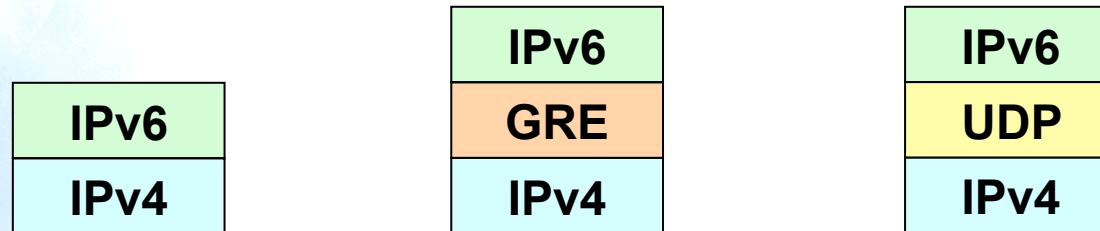
Túneles IPv6 en IPv4 (2)



Mécanismo basado en túneles

Túneles IPv6 en IPv4 (2)

- Existen diversas formas de encapsular los paquetes IPv6



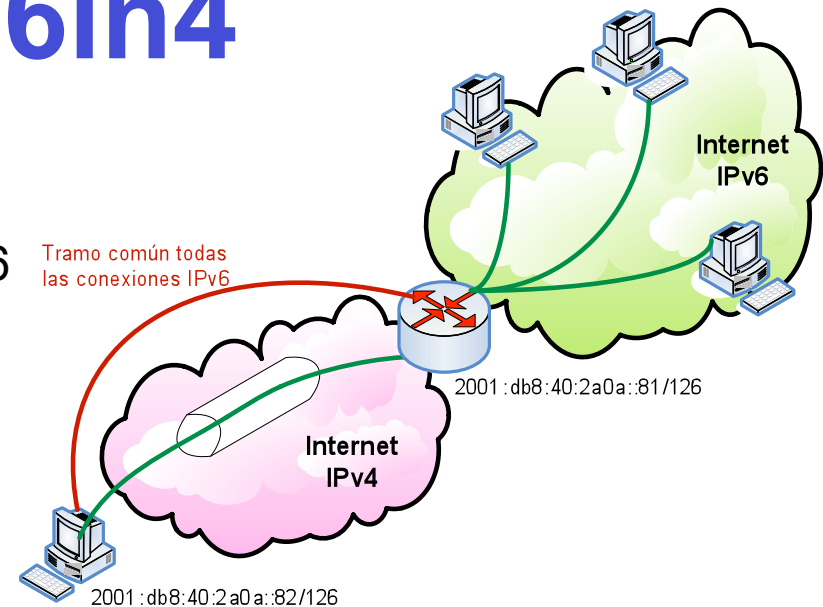
- Existen diversos mecanismos de transición basados en túneles, cada uno con una forma diferente de encapsulación

Túneles IPv6 en IPv4 (3)

- Algunos mecanismos de transición basados en túneles
 - 6in4 (*) [6in4]
 - TB (*) [TB]
 - TSP [TSP]
 - 6to4 (*) [6to4]
 - Teredo (*) [TEREDO], [TEREDOC]
 - Túneles automáticos [TunAut]
 - ISATAP [ISATAP]
 - 6over4 [6over4]
 - AYIYA [AYIYA]
 - Silkroad [SILKROAD]
 - DSTM [DSTM]
- (*) Más habituales y explicados en detalle a continuación

Túneles 6in4

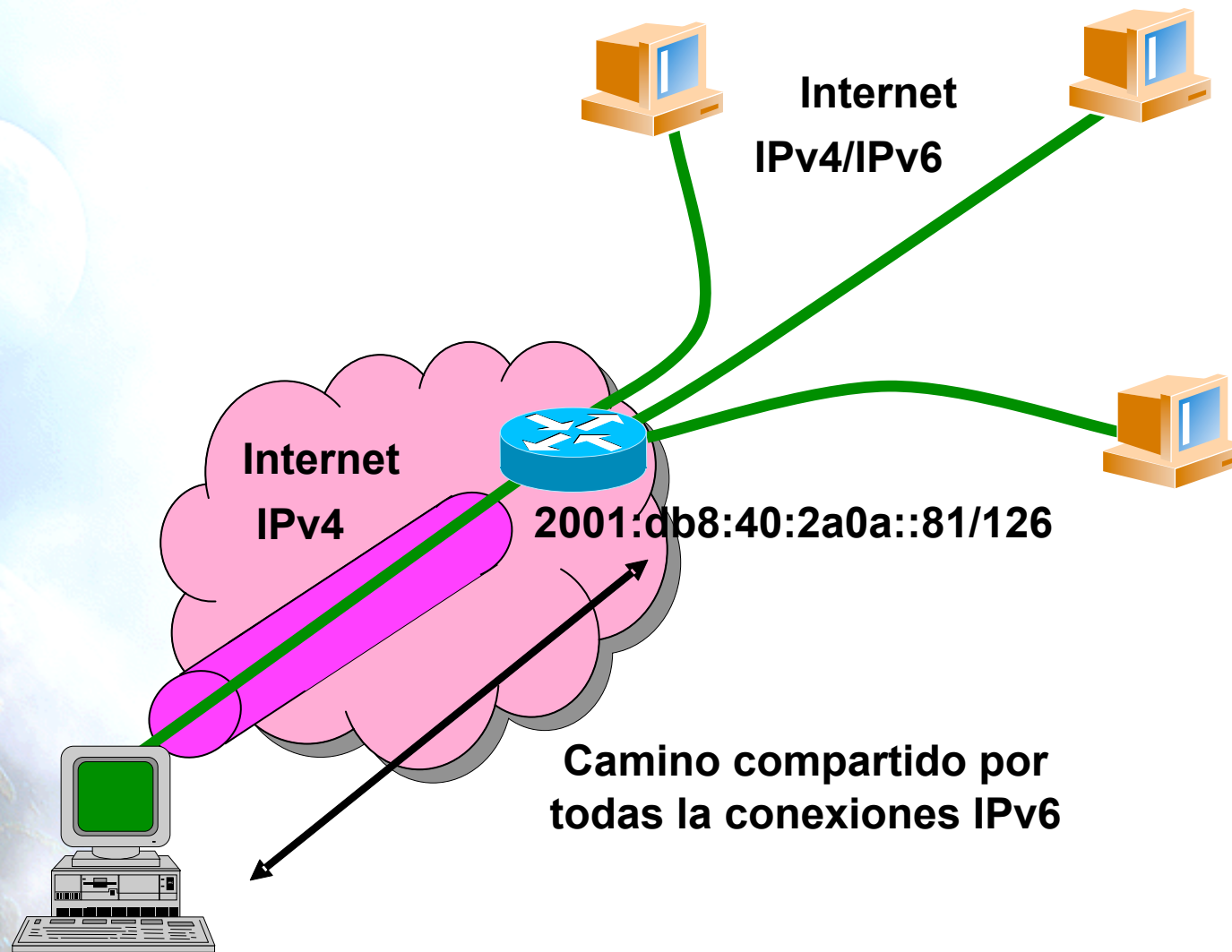
- Encapsula directamente el paquete IPv6 dentro de un paquete IPv4
- Se suele hacer entre
 - nodo final ==> router
 - router ==> router
- Aunque también es posible para
 - nodo final ==> nodo final
- El túnel se considera como un enlace punto-a-punto desde el punto de vista de IPv6
 - Solo un salto IPv6 aunque existan varios IPv4
- Las direcciones IPv6 de ambos extremos del túnel son del mismo prefijo
- Todas las conexiones IPv6 del nodo final siempre pasan por el router que está en el extremo final del túnel
- Los túneles 6in4 pueden construirse desde nodo finales situados detrás de NAT
 - Imprescindible que la implementación de NAT soporte “proto-41 forwarding” [PROTO41]



Tunnel Broker (RFC3053)

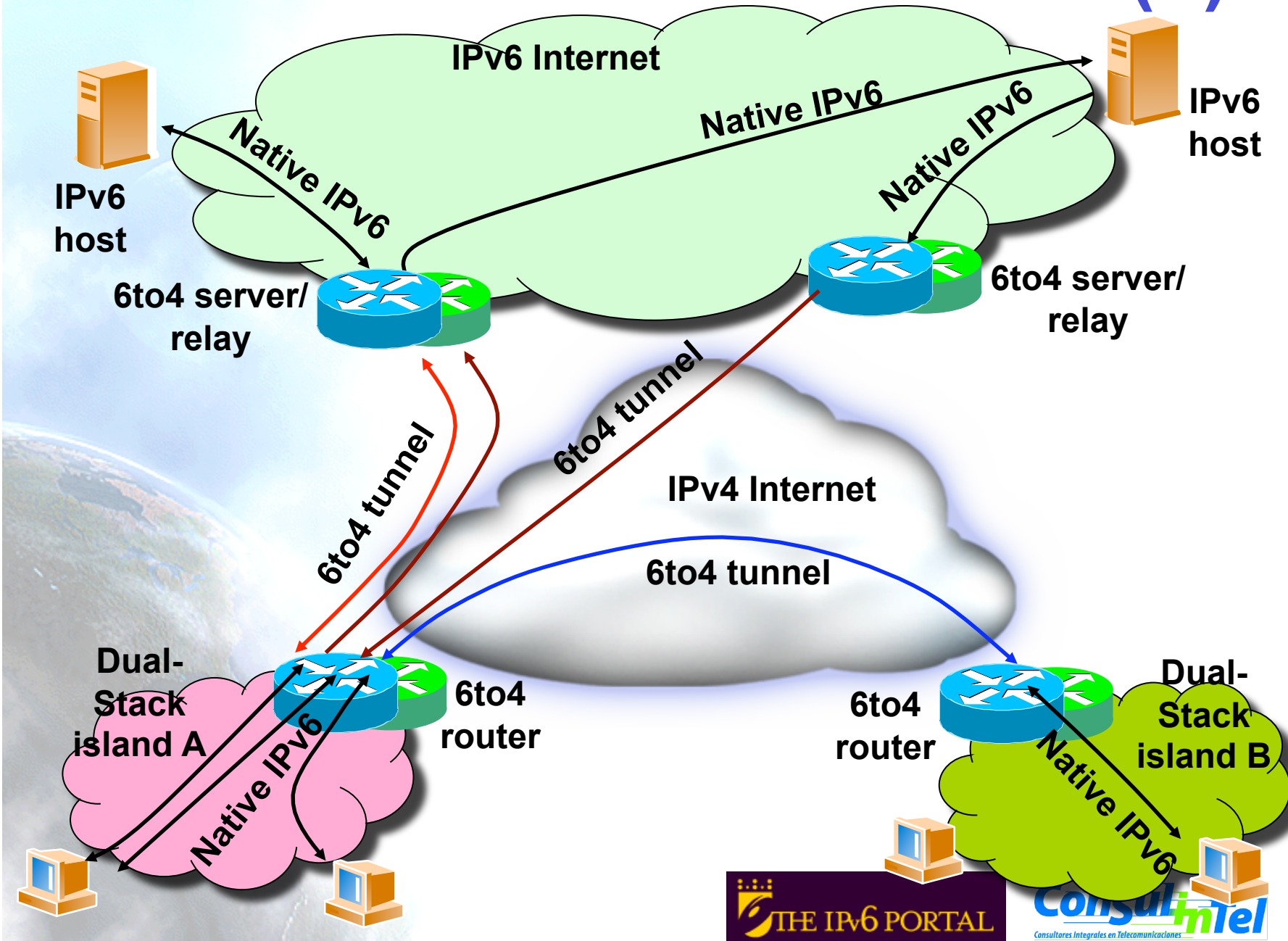
- Los túneles 6in4 requieren la configuración manual de los equipos involucrados en el túnel
- Para facilitar la asignación de direcciones y creación de túneles IPv6, se ha desarrollado el concepto de Tunnel Broker (TB).
 - Es un intermediario al que el usuario final se conecta, normalmente con un interfaz web
- El usuario solicita al TB la creación de un túnel y este le asigna una dirección IPv6 y le proporciona instrucciones para crear el túnel en el lado del usuario
- El TB también configura el router que representa el extremo final del túnel para el usuario
- En <http://www.ipv6tf.org/using/connectivity/test.php> existe una lista de TB disponibles
- TSP [TSP] es un caso especial de TB que no está basado en un interfaz web sino en un aplicación cliente que se instala en el cliente y se conecta con un servidor, aunque el concepto es el mismo.

Tunnel Broker (RFC3053)



`2001:db8:40:2a0a::82/126`

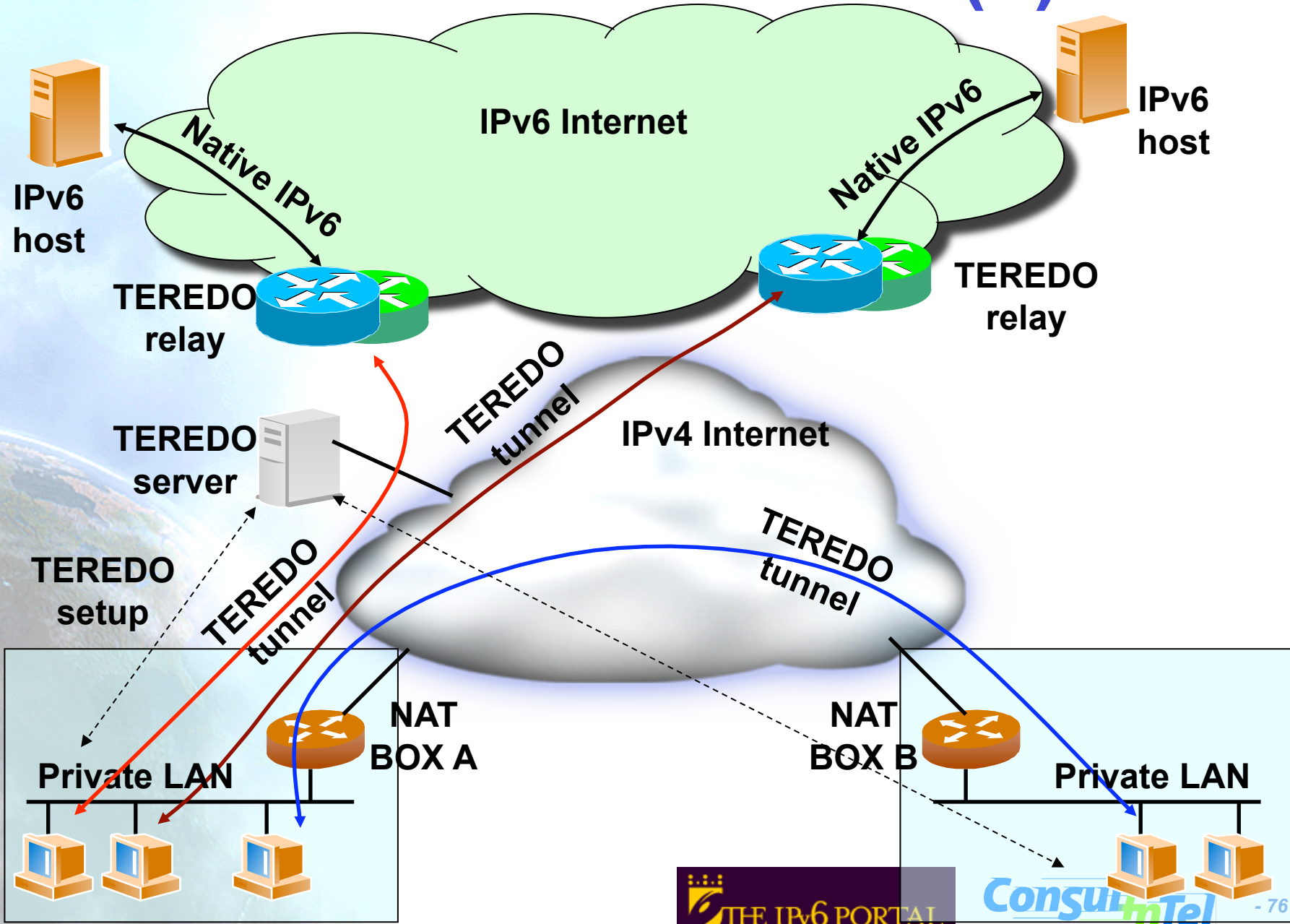
Túneles 6to4: RFC3056 (1)



Túneles 6to4: RFC3056 (2)

- Se trata de un encapsulado de paquetes IPv6 en paquetes IPv4, similar a 6in4
- Diferencias:
 - La dirección IPv6 del cliente no depende del router al que se conecta sino de la dirección IPv4 pública
 - Rango 2002::/16
 - Los paquetes IPv6 de salida del cliente siempre son enviados al mismo “6to4 relay”, sin embargo los paquetes IPv6 de entrada al cliente pueden provenir de otros “6to4 relay” diferentes.
- Prefijo IPv4 anycast (RFC3068):
 - 192.88.99.1/24

Teredo: RFC4380 (1)



Teredo: RFC4380 (2)

- Teredo [TEREDO] [TEREDOC] está pensado para proporcionar IPv6 a nodos que están ubicados detrás de NAT que no son “proto-41 forwarding”.
 - Encapsulado de paquetes IPv6 en paquetes UDP
- Funciona en NAT de tipo [STUN]
 - Full Cone
 - Restricted Cone
- No funciona en NATs de tipo
 - Symmetric (solventado a partir de Windows Vista)
- Intervienen diversos agentes:
 - Teredo Server
 - Teredo Relay
 - Teredo Client
- El cliente configura un Teredo Server que le proporciona una dirección IPv6 del rango 2001:0000::/32 basada en la dirección IPv4 pública y el puerto usado
 - Si el Teredo Server configurado es además Teredo Relay, el cliente tiene conectividad IPv6 con cualquier nodo IPv6
 - De lo contrario solo tiene conectividad IPv6 con otros clientes de Teredo
- Actualmente Microsoft proporciona Teredo Servers públicos y gratuitos, pero no Teredo Relays

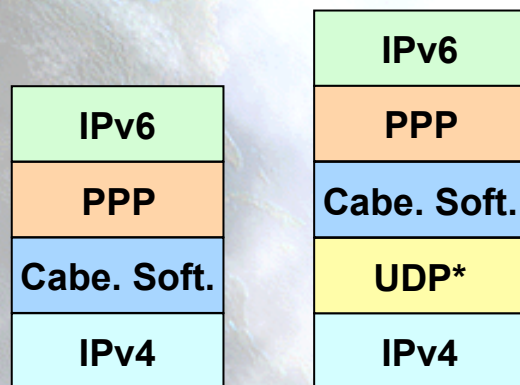
Softwires (RFC4925)

- Protocolo que esta siendo discutido en el grupo de trabajo Softwire del IETF. Presenta las siguientes características:
 - Mecanismo de transición “universal” basado en la creación de túneles
 - IPv6-en-IPv4, IPv6-en-IPv6, IPv4-en-IPv6, IPv4-en-IPv4
 - Permite atravesar NATs en las redes de acceso
 - Proporciona delegación de prefijos IPv6 (/48, /64, etc.)
 - Autenticación de usuario para la creación de túneles mediante la interacción con infraestructura AAA
 - Posibilidad de túneles seguros
 - Baja sobrecarga en el transporte de paquetes IPv6 en los túneles
 - Fácil inclusión en dispositivos portátiles con escasos recursos hardware
 - Softwires posibilitará la provisión de conectividad IPv6 en dispositivos como routers ADSL, teléfonos móviles, PDAs, etc. cuando no exista conectividad IPv6 nativa en el acceso
 - También posibilita la provisión de conectividad IPv4 en dispositivos que solo tienen conectividad IPv6 nativa
- En realidad Softwires no es un nuevo protocolo, sino la definición de cómo usar de una forma diferente protocolos ya existentes con el fin de proporcionar conectividad IPv6 en redes IPv4 y viceversa
- Softwires se basa en:
 - L2TPv2 (RFC2661)
 - L2TPv3 (RFC3991)

Encapsulamiento de Softwires basado en L2TPv2

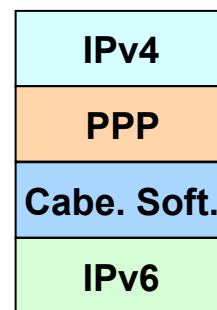
- El funcionamiento se especifica en draft-ietf-softwire-hs-framework-l2tpv2
- Existen dos entidades:
 - Softwires Initiator (SI): agente encargado de solicitar el túnel
 - Softwires Concentrator (SC): agente encargado de crear el túnel (tunnel end point)
- Se utiliza PPP para transportar paquetes IPx (x=4, 6) en paquetes IPy (y=4, 6)
 - Opcionalmente se puede encapsular los paquetes PPP en UDP en caso de que haya que atravesar NATs

Túnel IPv6-en-IPv4

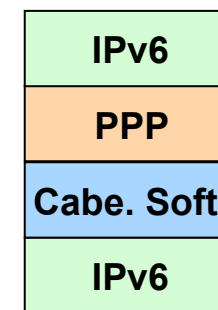


* Opcional

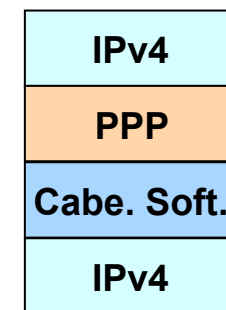
Túnel IPv4-en-IPv6



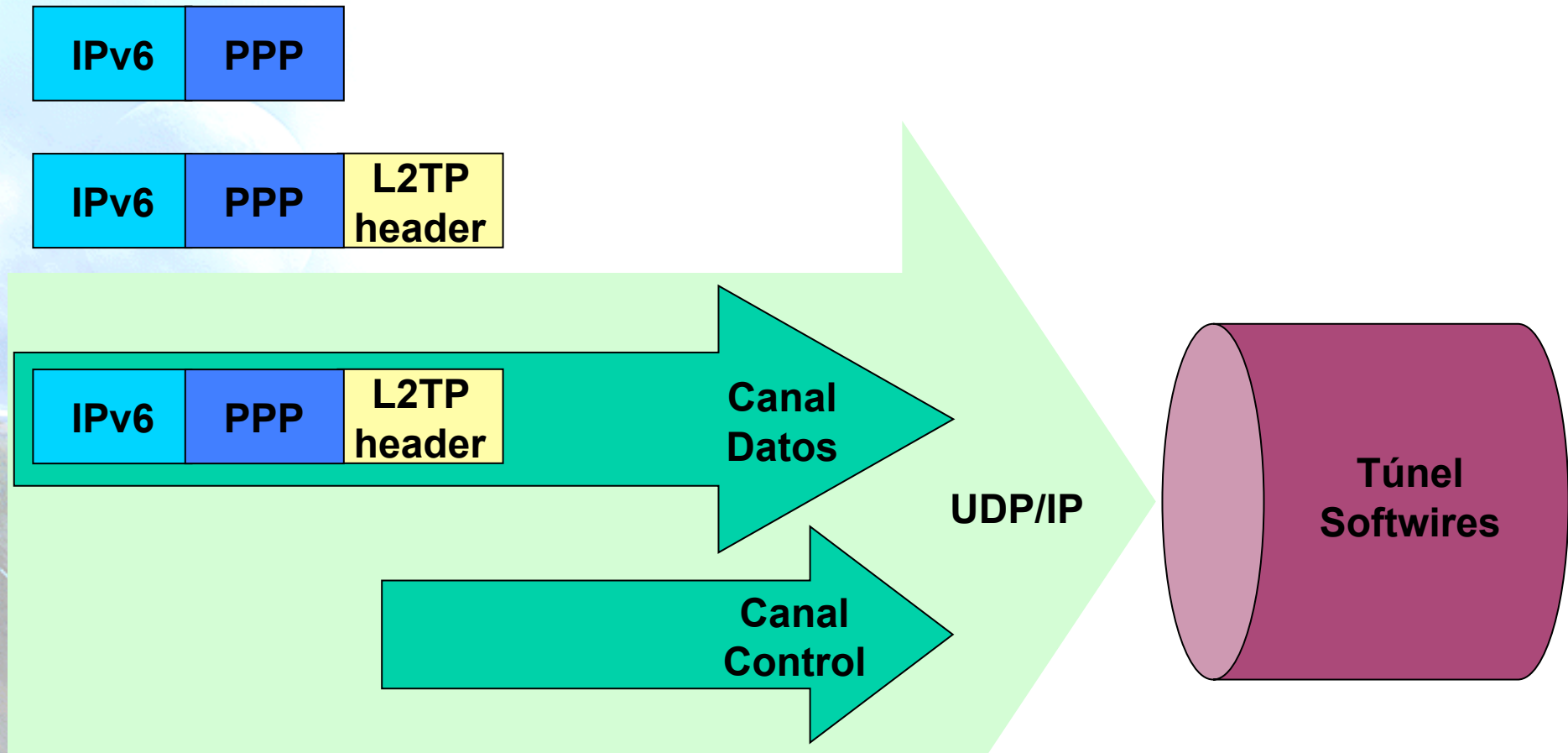
Túnel IPv6-en-IPv6



Túnel IPv4-en-IPv4



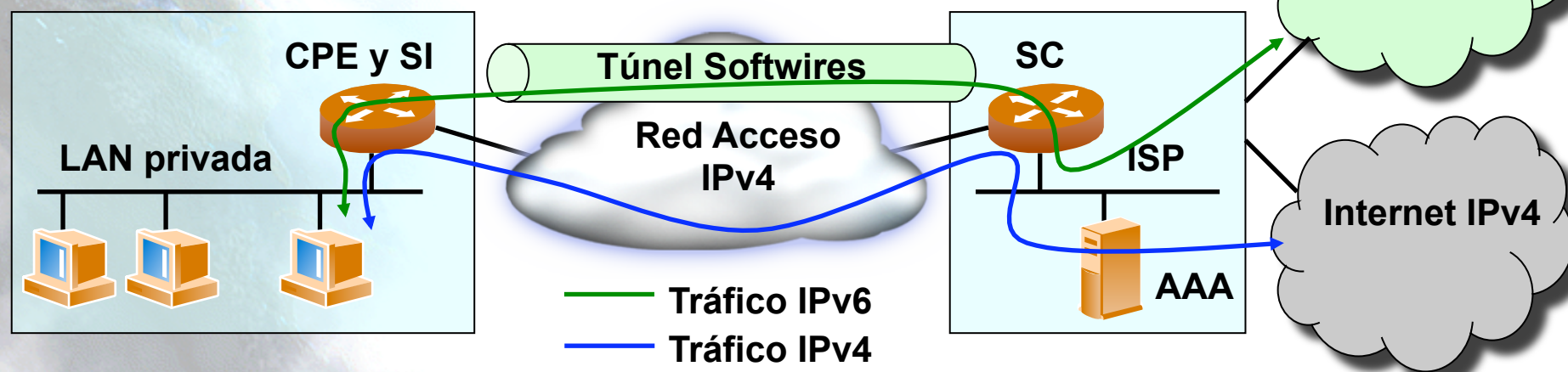
Softwires basado en L2TPv2



- Existe un plano de control y otro de datos
- Se usa PPP como protocolo de encapsulamiento

Ejemplo de uso de Softwires

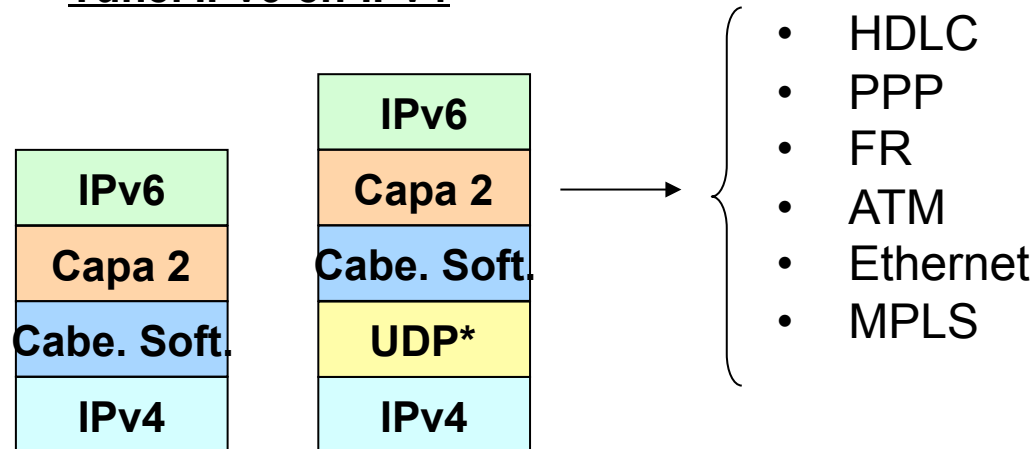
- Un uso típico previsible de Softwires es la provisión de conectividad IPv6 a usuarios domésticos a través de una red de acceso solo-IPv4
 - El SC está instalado en la red del ISP
 - DSLAM, Router de agregación u otro dispositivo
 - El SI está instalado en la red del usuario
 - CPE típicamente. También es posible otro dispositivo diferente en la red del usuario
 - El SC proporciona conectividad IPv6 al SI, y el SI hace de encaminador IPv6 para el resto de la red de usuario
 - Se usa delegación de prefijo IPv6 entre el SC y el SI para proporcionar un prefijo (típicamente /48) a la red del usuario
 - DHCPv6 PD
- Otros usos son también posibles
 - VPNs sobre IPv6 o IPv4
 - Conectividad IPv4 en red de acceso solo IPv6, etc.



Encapsulamiento de Softwires basado en L2TPv3

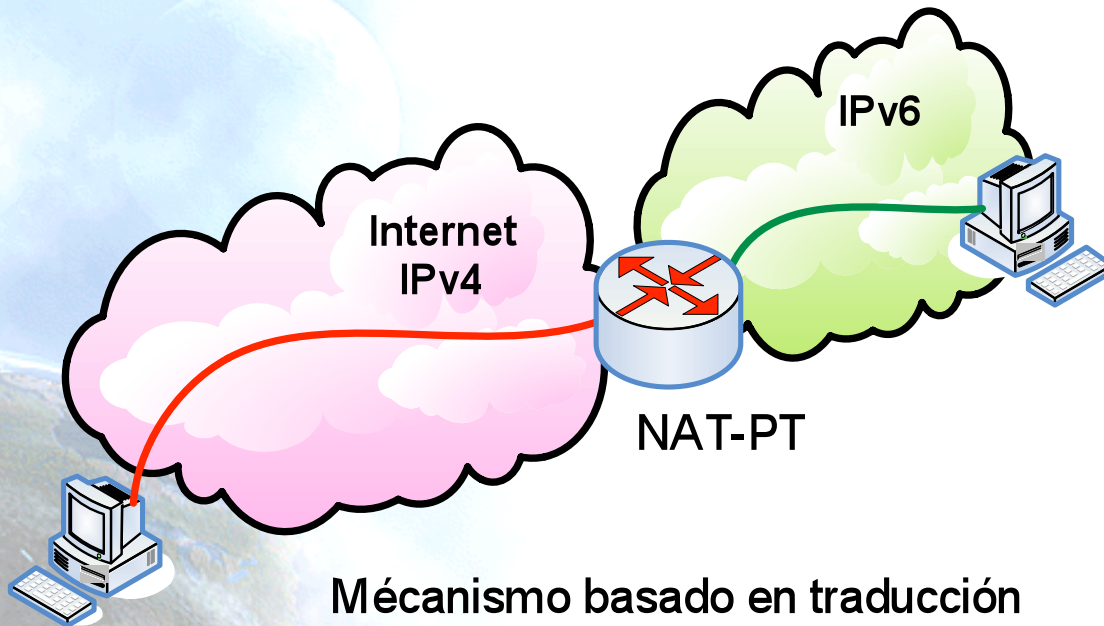
- Misma filosofía y componentes que con L2TPv2, pero con las particularidades de L2TPv3
 - Transporte sobre IP/UDP de otros protocolos de capa 2 diferentes a PPP
 - HDLC, PPP, FR, ATM, Ethernet, MPLS, IP
 - Formato de cabeceras mejorado para permitir un tratamiento más rápido en los SC
 - Permite velocidades del rango de T1/E1, T3/E3, OC48
 - Mínimo overhead en los paquetes encapsulados (solo de 4 a 12 bytes extra)
 - Otros mecanismos de autenticación diferentes a CHAP y PAP
 - EAP

Túnel IPv6-en-IPv4



* Opcional

Traducción IPv4/IPv6



- Diferentes soluciones, pero tiene en común que tratan de traducir paquetes IPv4 a IPv6 y viceversa
 - [SIT], [BIS], [TRT], [SOCKSv64]
- La más conocida es NAT-PT [NATPT], [NATPTIMPL]
 - Un nodo intermedio (router) modifica las cabeceras IPv4 a cabeceras IPv6
 - El tratamiento de paquetes es complejo
- Es la peor solución puesto que la traducción no es perfecta y requiere soporte de ALGs, como en el caso de los NATs IPv4
 - DNS, FTP, VoIP, etc.

Configuración de mecanismos de transición: Ejercicios

- E1: Establecer túnel 6in4 entre las máquinas de dos alumnos
- E2: Eliminar túnel 6in4
- E3: Obtener conectividad IPv6 mediante un túnel 6in4 usando un TB
 - Ver path a diferentes sitios web IPv6
 - Ver path a la dirección IPv6 desde un looking glass
- E4: Obtener conectividad IPv6 mediante un túnel 6to4
 - Ver path a diferentes sitios web IPv6
 - Ver path a la dirección IPv6 desde un looking glass
- E5: Configurar un 6to4 relay (Windows 2003)
- E6: Configurar un Teredo Cliente (Windows XP/2003)
- E7: Uso de proxy IPv4/IPv6
 - 46Bouncer
 - Windows XP/2003

E1: Establecimiento túnel 6in4 (1)

1. Ejercicio para ser realizado entre dos alumnos (*)
 - Alumno A ==> DIR_IPv4_A
 - Alumno B ==> DIR_IPv4_B
 2. El alumno A realiza la configuración de su extremo del túnel con los siguientes datos
 - Dirección IPv4 local ==> DIR_IPv4_A
 - Dirección IPv4 remota ==> DIR_IPv4_B
 - Dirección IPv6 ==> 2001:10:20:30::12/126
 - Dirección puerta de enlace IPv6 ==> 2001:10:20:30::11/126
 3. El alumno B realiza la configuración de su extremo del túnel con los siguientes datos
 - Dirección IPv4 local ==> DIR_IPv4_B
 - Dirección IPv4 remota ==> DIR_IPv4_A
 - Dirección IPv6 ==> 2001:10:20:30::11/126
 - Dirección puerta de enlace IPv6 ==> 2001:10:20:30::12/126
 4. Comprobar conectividad IPv6 entre ambos
 - Alumno A ==> ping6 Direccion_IPv6_Alumno_B
 - Alumno B ==> ping6 Direccion_IPv6_Alumno_A
- (*) Este ejercicio no proporciona conectividad IPv6 global, solo entre los alumnos A y B

E1: Establecimiento túnel 6in4 (2)

- Scripts de creación de túneles 6in4
 - Windows XP/2003 (desde ventana comandos)
 - netsh interface ipv6 add v6v4tunnel "Tunel01" Direccion_IPv4_local Direccion_IPv4_remota
 - netsh interface ipv6 add address "Tunel01" Direccion_IPv6
 - netsh interface ipv6 add route ::/0 "Tunel01" Direccion_gateway_IPv6 publish=yes
 - Linux/UNIX (desde ventana de comandos)
 - modprobe ipv6
 - ip tunnel add Tunel01 mode sit remote Direccion_IPv4_remota local Direccion_IPv4_local ttl 255
 - ip link set Tunel01 up
 - ip addr add Direccion_IPv6/126 dev Tunel01
 - ip route add 2000::/3 dev Tunel01
 - FreeBSD
 - gifconfig gif0 Direccion_IPv4_local Direccion_IPv4_remota
 - ifconfig gif0 inet6 Direccion_IPv6 Direccion_gateway_IPv6 prefixlen 128
 - route -n add -inet6 default Direccion_gateway_IPv6

E1: Establecimiento túnel 6in4 (3)

- Scripts de creación de túneles 6in4
 - FreeBSD >= 4.4
 - ifconfig gif0 create
 - ifconfig gif0 tunnel Direccion_IPv4_local Direccion_IPv4_remota
 - ifconfig gif0 inet6 Direccion_IPv6 Direccion_gateway_IPv6 prefixlen 128
 - route add -inet6 default Direccion_gateway_IPv6
 - NetBSD
 - ifconfig gif0 Direccion_IPv4_local Direccion_IPv4_remota
 - ifconfig gif0 inet6 Direccion_IPv6 Direccion_gateway_IPv6 prefixlen 128
 - route -n add -inet6 default Direccion_gateway_IPv6
 - OpenBSD
 - ifconfig gif0 giftunnel Direccion_IPv4_local Direccion_IPv4_remota
 - ifconfig gif0 inet6 Direccion_IPv6 Direccion_gateway_IPv6 prefixlen 128
 - route -n add -inet6 default Direccion_gateway_IPv6

E2: Eliminación túnel 6in4 (1)

- Ejercicio para ser realizado por cada alumno
- El alumno elimina el túnel creado anteriormente según el script de configuración de su Sistema Operativo
- Comprobará que ya no existe el túnel usando:
 - ipconfig en Windows XP/2003
 - Ifconfig en Unix/Linux/*BSD

E2: Eliminación túnel 6in4 (2)

- Scripts de eliminación de túneles 6in4
 - Windows XP/2003 (desde ventana comandos)
 - netsh interface ipv6 del route ::/0 "Tunel01" Direccion_gateway_IPv6
 - netsh interface ipv6 del address "Tunel01" Direccion_IPv6
 - netsh interface ipv6 del int "Tunel01"
 - Linux/UNIX (desde ventana de comandos)
 - ip route del 2000::/3 dev Tunel01
 - ip addr del Direccion_IPv6/126 dev Tunel01
 - ip link set Tunel01 down
 - ip tunnel del Tunel01 mode sit remote Direccion_IPv4_remota local Direccion_IPv4_local ttl 255
 - FreeBSD
 - route delete -inet6 default
 - ifconfig gif0 inet6 delete Direccion_IPv6
 - ifconfig gif0 down

E2: Eliminación túnel 6in4 (3)

- Scripts de eliminación de túneles 6in4
 - FreeBSD >= 4.4
 - route delete -inet6 default Direccion_gateway_IPv6
 - ifconfig gif0 inet6 Direccion_IPv6 prefixlen 128 delete
 - ifconfig gif0 delete
 - NetBSD
 - route delete -inet6 default
 - ifconfig gif0 inet6 delete Direccion_IPv6
 - ifconfig gif0 down
 - OpenBSD
 - ifconfig gif0 inet6 delete Direccion_IPv6
 - ifconfig gif0 deletetunnel
 - ifconfig gif0 down
 - route delete -inet6 default

E3: Conectividad IPv6 con un TB

1. Elegir un TB de <http://www.ipv6tf.org/using/connectivity/test.php>
 - Se recomienda <http://tb4.consulintel.euro6ix.org>
2. Seguir los pasos necesarios para obtener conectividad global IPv6
3. Comprobar que se tiene conectividad IPv6
 - ping6, traceroute6 (ping y tracert en windows)
 - www.kame.net, www.6net.org, www.ipv6.org
 - Navegación web a los mismos sitios
4. Comprobar path a la dirección IPv6 asignada desde un looking glass externo
 - <http://www.ipv6.udg.mx/lg.php>
 - http://www.ipv6tf.org/using/connectivity/looking_glass.php
 - <http://www.v6.dren.net/lg/>

E4: Conectividad IPv6 con 6to4 (1)

1. Elegir un 6to4 relay de <http://www.ipv6tf.org/using/connectivity/6to4.php>
 - Se recomienda 6to4.autotrans.consulintel.com
2. Seguir el script de configuración en función del Sistema Operativo
3. Comprobar que se tiene conectividad IPv6
 - ping6, traceroute6 (ping y tracert en windows)
 - www.kame.net, www.6net.org, www.ipv6.org
 - Navegación web a los mismos sitios
4. Comprobar path a la dirección IPv6 asignada desde un looking glass externo
 - <http://www.ipv6.udg.mx/lg.php>
 - http://www.ipv6tf.org/using/connectivity/looking_glass.php
 - <http://www.v6.dren.net/>

E4: Conectividad IPv6 con 6to4 (2)

- Scripts de eliminación de túneles 6to4
 - Windows XP/2003 (desde ventana comandos)
 - netsh int ipv6 6to4 set relay Direccion_6TO4_RELAY enabled 1440
 - Linux/UNIX (desde ventana de comandos)
 - ip tunnel add tun6to4 mode sit ttl 80 remote any local Direccion_publica_IPv4_local
 - ip link set dev tun6to4 up
 - ip -6 addr add 2002:XXYY:ZZUU::1/16 dev tun6to4
 - ip -6 route add 2000::/3 via ::192.88.99.1 dev tun6to4 metric 1
- Note que XXYY:ZZUU es la notación hexadecimal para Direccion_publica_IPv4_local (la direccion IPv4 pública) según lo siguiente:
 - Direccion_publica_IPv4_local = 60.172.21.22 -> 60 -> 3C
 - 172 -> AC
 - 21 -> 15
 - 222 -> DE
- 60.172.21.22 -> XXYY:ZZUU = 3CAC:15DE

E4: Conectividad IPv6 con 6to4 (3)

- Scripts de eliminación de túneles 6in4
 - *BSD
 - Asegurese de que hay al menos un interfaz stf(4) configurado en el kernel
 - En <http://www.netbsd.org/Documentation/kernel/> puede encontrar información sobre ello
 - ifconfig stf0 inet6 2002:XXYY:ZZUU::1 prefixlen 16 alias
 - route add -inet6 default 2002:c058:6301::1
 - Note que XXYY:ZZUU es la notación hexadecimal para Direccion_publica_IPv4_local (la direccion IPv4 publica) segun lo siguiente:
 - Direccion_publica_IPv4_local = 60.172.21.22 -> 60 -> 3C
 - 172 -> AC
 - 21 -> 15
 - 222 -> DE
 - 60.172.21.22 -> XXYY:ZZUU = 3CAC:15DE

E5: Configurar un 6to4 relay (Windows 2003)

- La configuración de un 6to4 Relay es muy fácil en el caso de Windows 2003
 - netsh interface ipv6 set interface interface="Conexión de área local" forwarding=enabled
 - netsh interface ipv6 set state state=enabled undoonstop=disabled
 - netsh interface ipv6 set relay name=192.88.99.1 state=enabled interval=1440
 - Se puede sustituir la dirección anycast 192.88.99.1 por cualquiera de <http://www.ipv6tf.org/using/connectivity/6to4.php>
 - netsh interface ipv6 set routing routing=enabled sitelocals=enabled
- Cualquier paquete 6to4 recibido por el interfaz “Conexión de área local” será reenviado al destino IPv6 adecuado
- Para comprobar la configuración del 6to4 relay se puede establecer un túnel 6to4 en una máquina diferente y poner como 6to4 server la dirección IPv4 del 6to4 relay recién configurado
 - Hacer ping6 y tracerout6 (ping y tracer en Windows XP/2003) para comprobar conectividad

E6: Configurar un Cliente Teredo (Windows XP/2003)

- Existen otras implementaciones de Teredo para otros Sistemas Operativos:
 - Linux: <http://www.siphalempin.com/dev/miredo/>
 - FreeBSD: <http://www-rp.lip6.fr/teredo/>
- Windows XP/2003 incorpora una implementación del Teredo Client
- Desde una ventana DOS hay que introducir el comando:
 - set teredo client teredo.ipv6.microsoft.com. 60 34567
 - se emplea un Teredo Server público de microsoft
 - teredo.ipv6.microsoft.com
- Existen otros Teredo Server/Relays experimentales, (sin servicio garantizado)
 - teredo.ipv6.vol.cz
 - teredo.ipv6.wind.com
 - teredo.via.ecp.fr
- Comprobar la dirección IPv6 obtenida
 - Ipconfig
- Comprobar datos del interfaz Teredo
 - netsh int ipv6 show teredo
 - netsh int ipv6 show int teredo
- No se tiene conectividad global IPv6 porque Microsoft no proporciona ningún Teredo Relay
- Sí se tiene conectividad IPv6 con otro Teredo Client
 - Comprobar haciendo ping a la dirección de otro Teredo Client de otro alumno

E7: Uso de Proxy IPv4/IPv6 (1)

- Un Proxy IPv4/IPv6 no es lo mismo que un mecanismo de traducción IPv4/IPv6 (NAT-PT)
- El Proxy es un intermediario que trabaja en el nivel de aplicación
 - Recibe una conexión TCP sobre un protocolo (IPv4/IPv6) y extrae los datos del nivel de aplicación
 - Establece conexión TCP (IPv6/IPv4) sobre el destino e introduce los datos del nivel de aplicación extraídos en el paso anterior
- Por tanto permite la conexión entre
 - Cliente IPv4 ==> Proxy IPv4/IPv6 ==> Servidor IPv6
 - Cliente IPv6 ==> Proxy IPv6/IPv4 ==> Servidor IPv4
- Existen dos Proxys bien conocidos
 - 46Bouncer (Windows y Linux)
 - Windows XP/2003

E7: Uso de Proxy IPv4/IPv6 (2)

- Implementar un Proxy IPv4/IPv6 en Windows XP/2003
 - Puerto 8220 IPv4 redirigirlo al puerto 80 de www.kame.net (2001:200:0:8002:203:47ff:fea5:3085)
 - netsh int port set v4tov6 Puerto_v4_TCP_local
Direccion_IPv6_remota Puerto_v6_TCP_remoto
Direccion_IPv4_local
 - netsh int port set v4tov6 8220
2001:200:0:8002:203:47ff:fea5:3085 80 Direccion_IPv4_local
 - Comprobar con http://direccion_IPv4_local
- Implementar un Proxy IPv6/IPv4 en Windows XP/2003
 - Puerto 8330 IPv6 redirigirlo al puerto 80 de www.kame.net (203.178.141.194)
 - netsh int port set v6tov4 8330 203.178.141.194 80
Direccion_IPv6_local



Parte 4

Ejemplos de aplicaciones varias

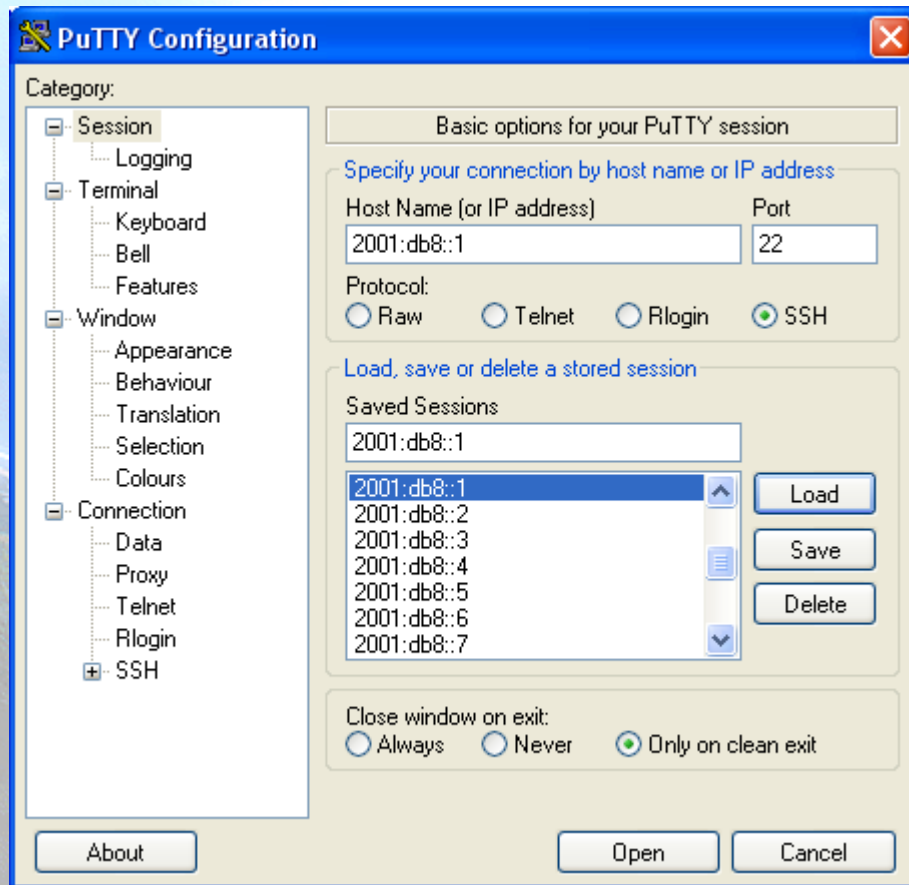
Aplicaciones IPv6 (1)

- Modelo Cliente-Servidor implica que se pueden tener aplicaciones clientes y/o servidores que sean:
 - Sólo IPv4
 - Sólo IPv6
 - IPv4 + IPv6
- Esto proporciona un conjunto de combinaciones que deben tenerse en cuenta conjuntamente con la existencia o no de conectividad IPv4 y/o IPv6

Aplicaciones IPv6 (2)

- Para diferenciar o indicar la accesibilidad de un servicio mediante IPv4 y/o IPv6 se utiliza la **resolución DNS**
- Cuando un cliente quiere conectar con servicio.ejemplo.com al resolver el nombre puede obtener una dirección IPv4, IPv6 o ambas.
- En este último caso es decisión del cliente elegir el protocolo (v4/v6) usado para comunicarse. El caso general es intentar v6 por defecto primero

Aplicaciones IPv6 (3)



- **Putty**
- Cliente IPv4/IPv6 de Telnet y SSH
- Muy útil para Gestión y Administración de equipos
- Descargar de <http://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/download.html>

Aplicaciones IPv6 (4)

- **Ethereal y Wireshark**
- Captura y Decodifica Trafico IPv4/IPv6
- Muy útil validación de conexiones y solución de problemas
- <http://www.ethereal.com> y <http://www.wireshark.org>

Intel(R) PRO/100 VE Network Connection (Microsoft's Packet Scheduler) : Capturing - Ethereal

Filter: Expression... Clear Apply

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
99	18.041823	2001:200:0:8002:203:47ff:fea5:3085	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	HTTP	HTTP/1.1 304 Not Modified
100	18.043191	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	2001:200:0:8002:203:47ff:fea5:3085	HTTP	GET /logo/1/images/kame3.png HTTP/1.1
101	18.069029	2001:200:0:8002:203:47ff:fea5:3085	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	HTTP	HTTP/1.1 304 Not Modified
102	18.185625	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	2001:200:0:8002:203:47ff:fea5:3085	TCP	1234 > http [ACK] Seq=1087 Ack=557 win=16724 Len=0
103	18.356567	2001:200:0:8002:203:47ff:fea5:3085	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	HTTP	HTTP/1.1 304 Not Modified
104	18.487387	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	2001:200:0:8002:203:47ff:fea5:3085	TCP	1235 > http [ACK] Seq=663 Ack=390 win=16891 Len=0
105	19.112371	fe80::201:4aff:fe18:26c7	ff02::1:ff07:4c94	ICMPv6	Multicast listener report
106	22.829347	2001:800:40:2a05::1	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	ICMPv6	Neighbor solicitation
107	22.829384	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	2001:800:40:2a05::1	ICMPv6	Neighbor advertisement
108	29.559766	fe80::200:87ff:fe28:a0e0	ff02::d	PIMv2	Hello
109	31.291516	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	2001:630:d0:131:230:48ff:fe51:564d	TCP	1236 > http [SYN] Seq=0 Ack=0 win=16384 Len=0 MSS=1440
110	31.341843	2001:630:d0:131:230:48ff:fe51:564d	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	TCP	http > 1236 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 win=5760 Len=0 MSS=14
111	31.341878	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	2001:630:d0:131:230:48ff:fe51:564d	TCP	1236 > http [ACK] Seq=1 Ack=1 win=17280 Len=0
112	31.342115	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	2001:630:d0:131:230:48ff:fe51:564d	HTTP	GET / HTTP/1.1
113	31.391834	2001:630:d0:131:230:48ff:fe51:564d	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	TCP	http > 1236 [ACK] Seq=1 Ack=418 win=6432 Len=0
114	31.635986	2001:630:d0:131:230:48ff:fe51:564d	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	HTTP	HTTP/1.1 200 OK[Unreassembled Packet]
115	31.637772	2001:630:d0:131:230:48ff:fe51:564d	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	HTTP	Continuation or non-HTTP traffic
116	31.637807	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	2001:630:d0:131:230:48ff:fe51:564d	TCP	1236 > http [ACK] Seq=418 Ack=2881 win=17280 Len=0
117	31.690628	2001:630:d0:131:230:48ff:fe51:564d	2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94	HTTP	Continuation or non-HTTP traffic

Frame 106 (86 bytes on wire, 86 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:00:87:28:a0:e0, Dst: 00:01:4a:18:26:c7

Internet Protocol version 6
Version: 6
Traffic class: 0x00
Flowlabel: 0x00000
Payload length: 32
Next header: ICMPv6 (0x3a)
Hop limit: 255
Source address: 2001:800:40:2a05::1
Destination address: 2001:800:40:2a05:7975:8ec8:5897:4c94

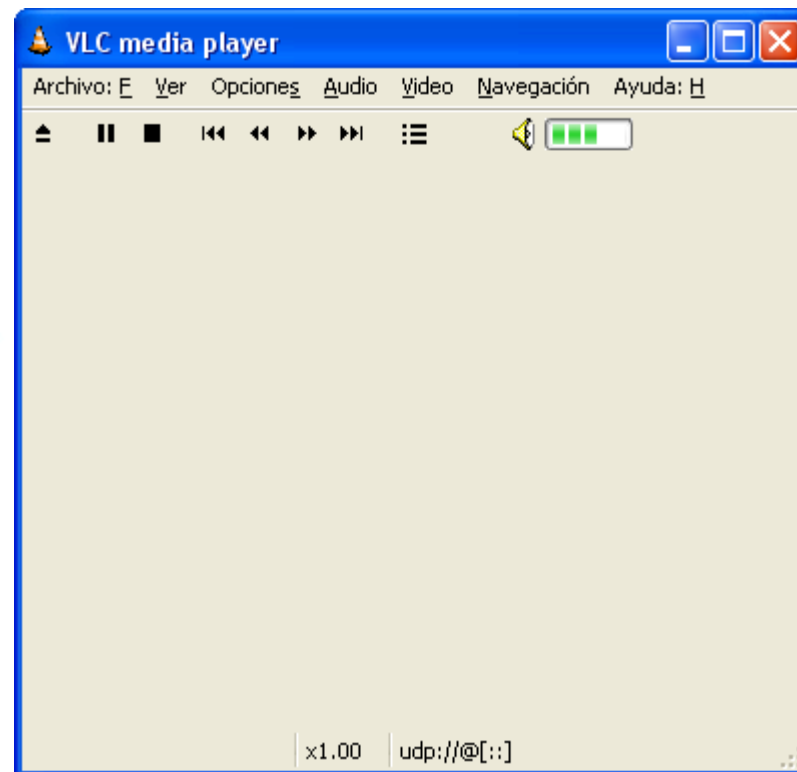
Internet Control Message Protocol v6
Type: 135 (Neighbor solicitation)
Code: 0

```
0000 00 01 4a 18 26 c7 00 00 87 28 a0 e0 86 dd 60 00  .J.&... .(....
0010 00 00 00 20 3a ff 20 01 08 00 00 40 2a 05 00 00  @*..yu
0020 00 00 00 00 00 01 20 01 08 00 00 40 2a 05 79 75  .X.L.....
0030 8e c8 58 97 4c 94 87 00 fd f3 00 00 00 00 20 01  ...@*.yu .X.L...
0040 08 00 00 40 2a 05 79 75 8e c8 58 97 4c 94 01 01
0050 00 00 87 28 a0 e0
```

Intel(R) PRO/100 VE Network Connection (Mic IP: 619 D: 619 M: 0

Aplicaciones IPv6 (5)

- **VLC**
- Cliente y Servidor Multimedia
- Soporta Unicast y Multicast
- Descargar de <http://www.videolan.org/vlc/>

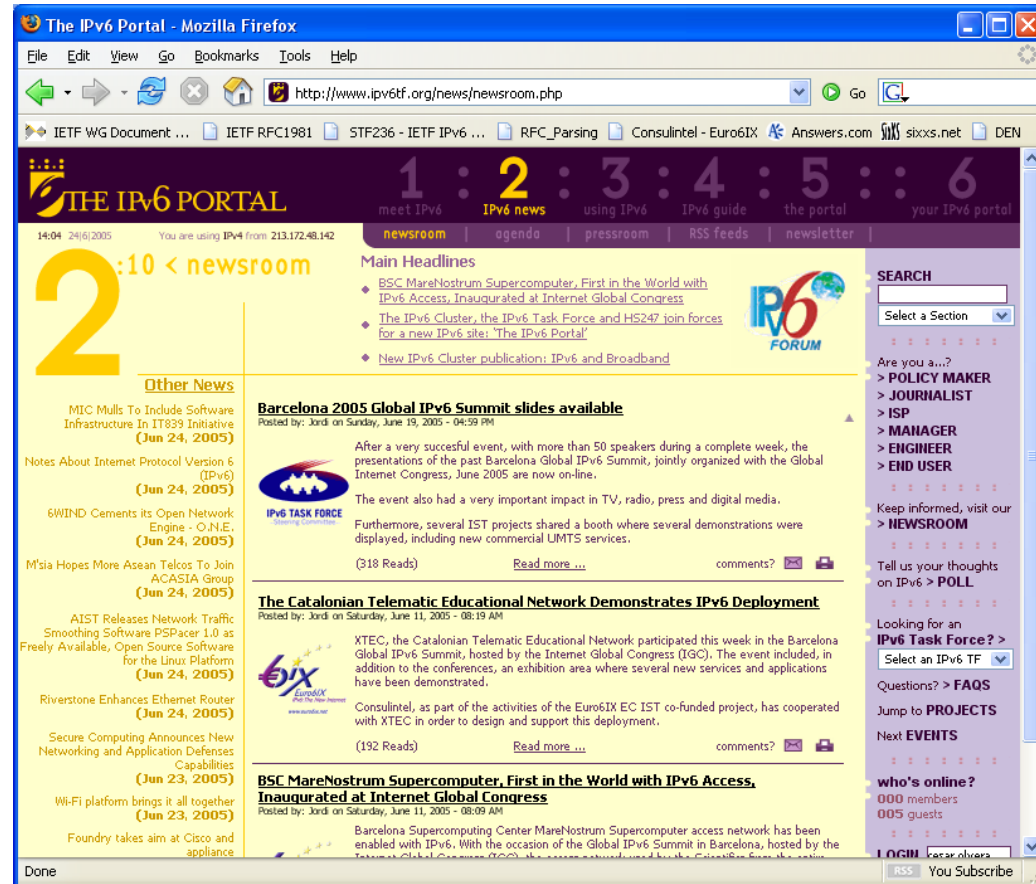


Aplicaciones IPv6 (6)

- **VNC**
 - Conexión remota a un PC sobre IPv6
 - Entorno gráfico
- **Modelo cliente/servidor**
 - Servidor en la máquina a la que se pretende acceder
 - Cliente en la maquina local que se conecta a la remota
- **Sistemas Operativos soportados**
 - Windows XP
 - Linux
- **Descargar de**
 - <http://jungla.dit.upm.es/~acosta/paginas/vncIPv6.html>

Aplicaciones IPv6 (7)

- **Web**
- **Cientes:** Los más usuales: Firefox, IE, Konqueror, Opera, Safari
- **Servidores:** Apache 2 soporta IPv6



Aplicaciones IPv6 (8)

- **IPv6 to Standard**

- Listado de dispositivos, aplicaciones y servicios que soportan IPv6
- <http://www.ipv6-to-standard.org>

Aplicaciones IPv6 (9)

- **FreeBSD**
- Se pueden usar los ports de FreeBSD:

```
#>cd /usr/ports  
#>make search key="ipv6"
```
- Aparecerá una lista de aplicaciones que soportan IPv6. Entre la información de cada aplicación se encuentra path, que será el directorio a donde nos moveremos y desde donde podemos instalar la aplicación:

```
#>cd path  
#>make install
```
- Esto hará que se comience a buscar en una lista de servidores el código fuente, que se descargará, se compilará y se instalará.
- Se puede sólo descargar el código fuente, que se colocará en /usr/ports/distfiles, haciendo, en vez de make install, make fetch.

Aplicaciones IPv6: Ejercicio 1 (1)

- **Linux:**

```
# dig a www.ipv6tf.org
```

```
:: QUESTION SECTION:
```

```
;www.ipv6tf.org.      IN      A
```

```
:: ANSWER SECTION:
```

```
www.ipv6tf.org.     172800 IN  A   213.172.48.141
```

- **# dig aaaa www.ipv6tf.org**

```
:: QUESTION SECTION:
```

```
;www.ipv6tf.org.      IN      AAAA
```

```
:: ANSWER SECTION:
```

```
www.ipv6tf.org.     172800 IN  AAAA 2001:800:40:2a03::3
```

Aplicaciones IPv6: Ejercicio 1 (2)

- **Linux:**

```
#dig aaaa www.kame.net @2001:800:40:2a03::3
;; QUESTION SECTION:
;www.kame.net.      IN      AAAA
;; ANSWER SECTION:
www.kame.net. 86400 IN AAAA
                2001:200:0:8002:203:47ff:fea5:3085
;; Query time: 400 msec
;; SERVER:
                2001:800:40:2a03::3#53(2001:800:40:2a03::3)
;; WHEN: Fri Jun 24 13:49:41 2005
;; MSG SIZE rcvd: 107
```

Aplicaciones IPv6: Ejercicio 1 (3)

- **Windows**

```
C:\>nslookup
```

```
>set type=a
```

```
>www.ipv6tf.org
```

```
Name: www.ipv6tf.org
```

```
Address: 213.172.48.141
```

```
>set type=aaaa
```

```
>www.ipv6tf.org
```

```
www.ipv6tf.org AAAA IPv6 address =  
2001:800:40:2a03::3
```

Aplicaciones IPv6: Ejercicio 2

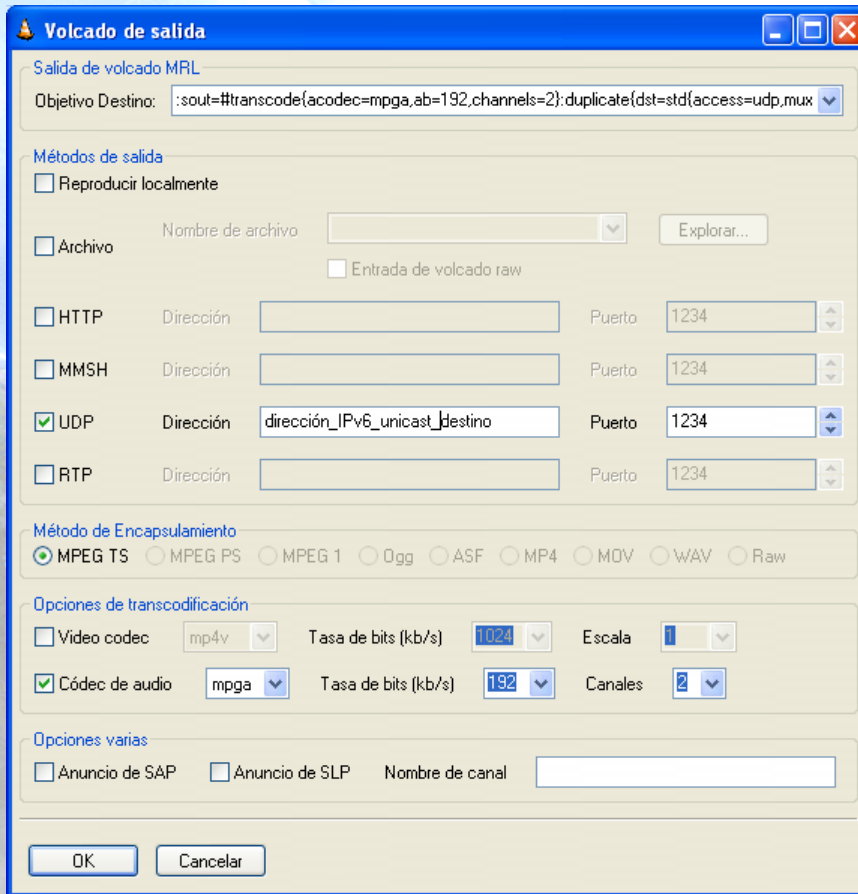
- Instalar (si no lo están ya):
 - Cliente SSH con soporte IPv6 (Putty)
 - Cliente FTP (Línea de comandos en BSD, Linux, Windows)
 - Navegador Web (Firefox, IE)
 - Ethereal
 - VLC
 - VNC

Aplicaciones IPv6: Ejercicio 3

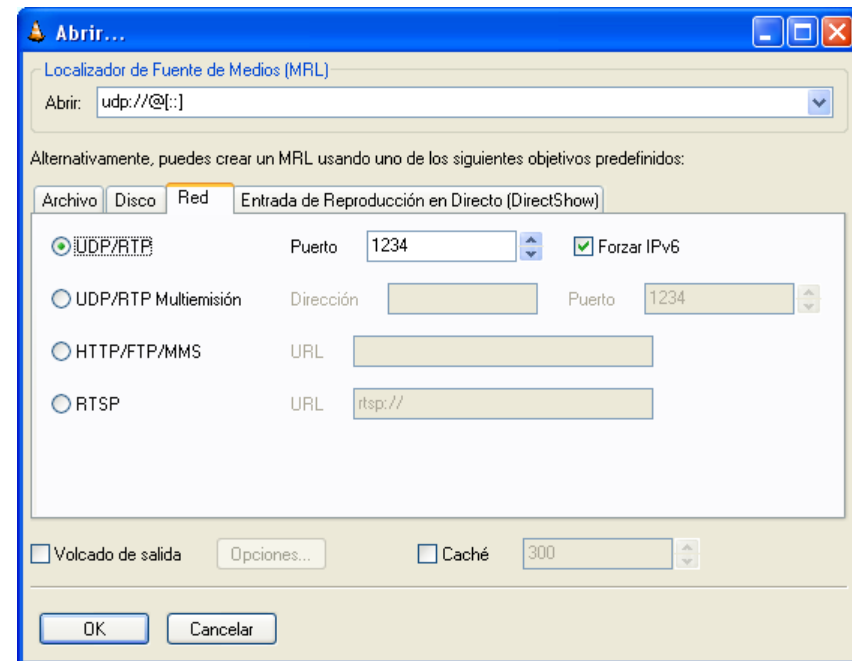
- Acceder a los distintos servicios mientras se capturan paquetes con Ethereal (en su defecto usar tcpdump).
- Usar el cliente ssh para acceder mediante v4 o v6 diferenciando mediante DNS
- Usar el cliente ssh para acceder mediante v4 o v6 diferenciando mediante un parámetro de la aplicación (linux: #ssh -6|-4) (XP: ping -6|-4)

Aplicaciones IPv6: Ejercicio 3

- VLC con Unicast



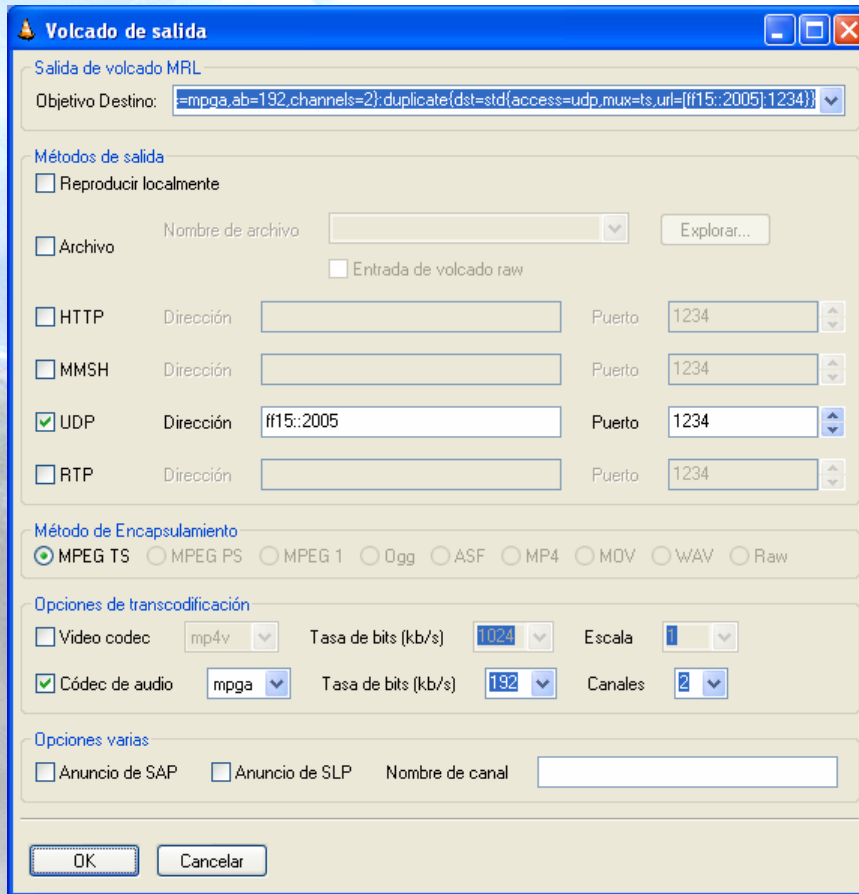
Servidor



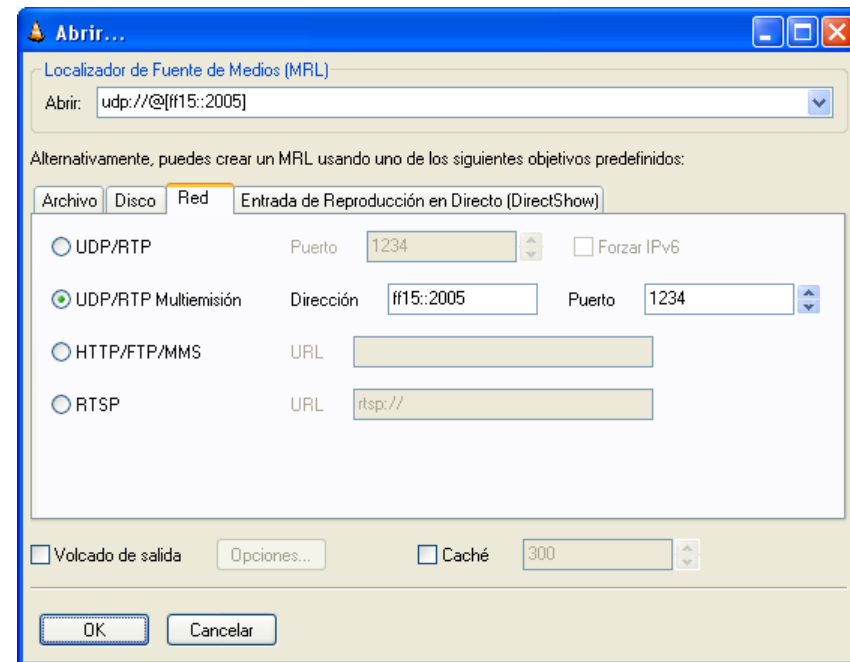
Cliente

Aplicaciones IPv6: Ejercicio 4

- VLC con Multicast

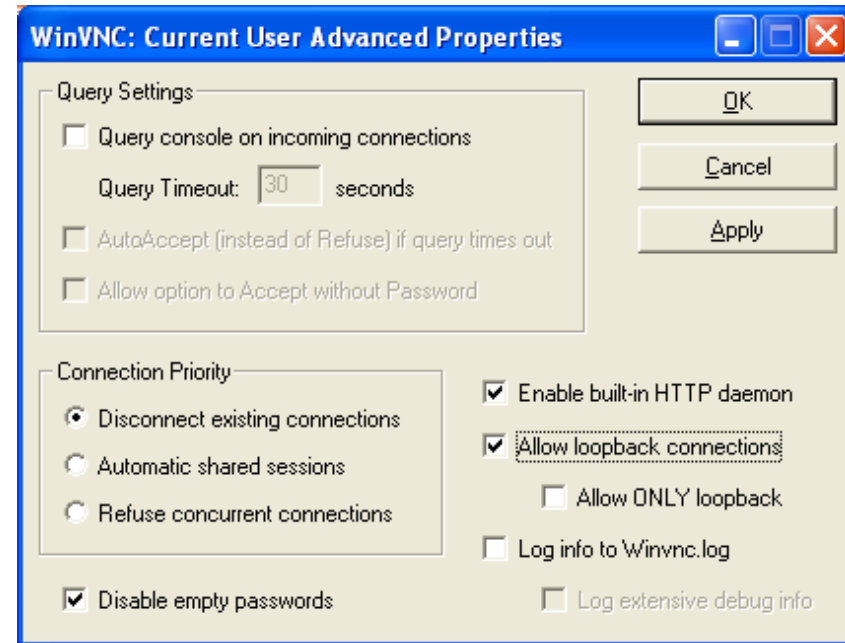
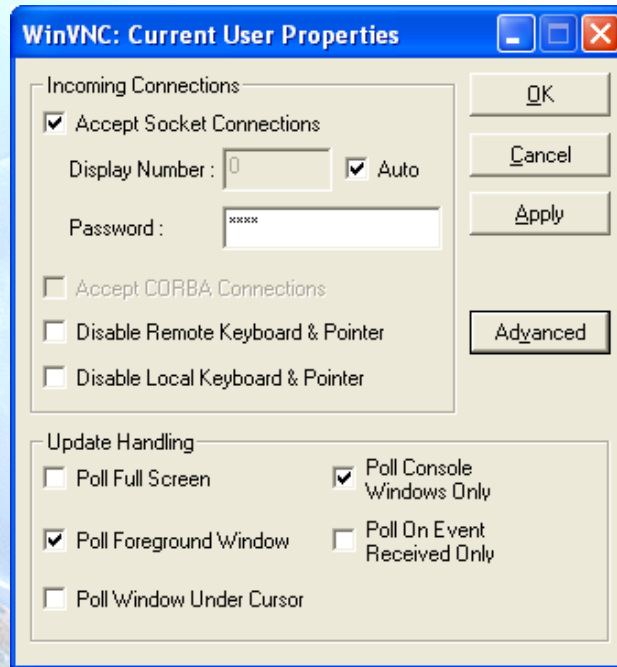


Servidor



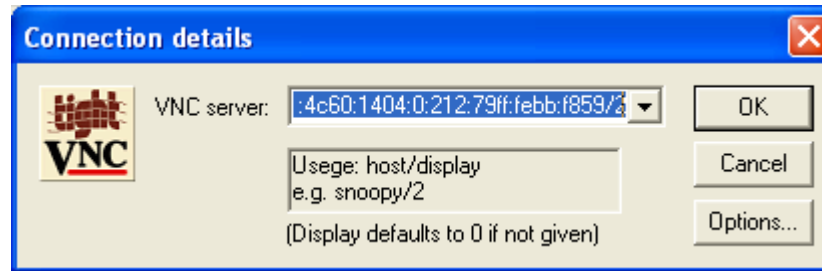
Cliente

Aplicaciones IPv6: Ejercicio 5 (1)



- **VNC Server Properties**
 - Se configura el número de display para recibir conexiones
 - Por defecto es 0
 - También el password
- VNC Server Properties ==> Advanced
 - Habilitar “allow loopback connections”

Aplicaciones IPv6: Ejercicio 5 (2)



- VNC client
 - Se especifica el VNC server
 - Directamente con la dirección IPv6
 - Un nombre DNS
 - El display se añade a continuación del VNC server
 - Se especifica con un número separado del VNC server con el carácter ‘/’

Referencias (1)

- [6in4] RFC1933
- [TunAut] RFC1933
- [6to4] RFC3056
- [6over4] RFC2529
- [TB] RFC3053
- [TSP] draft-vg-ngtrans-tsp-01, <http://www.hexago.com/index.php?pgID=step1>
- [TEREDO] draft-huitema-v6ops-teredo-05
- [TEREDOC] <http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/winxpro/maintain/teredo.msp>
- [ISATAP] draft-ietf-ngtrans-isatap-24
- [AYIYA] draft-massar-v6ops-ayiya-02
- [SILKROAD] draft-liumin-v6ops-silkroad-02
- [DSTM] draft-ietf-ngtrans-dstm-10
- [SIIT] RFC2765
- [NATPT] RFC2767
- [BIS] RFC2767
- [TRT] RFC3142
- [SOCKSv64] RFC3089

Referencias (2)

- [PROTO41] draft-palet-v6ops-proto41-nat-04
- [STUN] RFC3489
- [NATPTIMPL]
 - <http://www.ipv6.or.kr/english/download.htm> ==> Linux 2.4.0
 - http://www.ispras.ru/~ipv6/index_en.html ==> Linux y FreeBSD
 - <http://research.microsoft.com/msripv6/napt.htm> Microsoft
 - <ftp://ftp.kame.net/pub/kame/snap/kame-20020722-freebsd46-snap.tgz> ==> KAME snapshot (22.7.2002)
 - <http://ultima.ipv6.bt.com/>
- [STATELESS] RFC2462
- [STATEFULL] RFC3315
- [PRIVACY] RFC3041
- Windows IPv6
 - http://www.microsoft.com/resources/documentation/windows/xp/all/proddocs/en-us/sag_ip_v6_add_utils.msp
 - <http://www.microsoft.com/technet/community/columns/cableguy/cg0902.msp>.