

Capítulo 4: Capa de Red

4. 1 Introducción

4.2 Circuitos virtuales y
redes de datagramas

4.3 ¿Qué hay dentro de un
router?

4.4 IP: Internet Protocol

Formato de Datagrama

Direccionamiento IPv4

ICMP

IPv6

4.5 Algoritmo de ruteo

Estado de enlace

Vector de Distancias

Ruteo Jerárquico

4.6 Ruteo en la Internet

RIP

OSPF

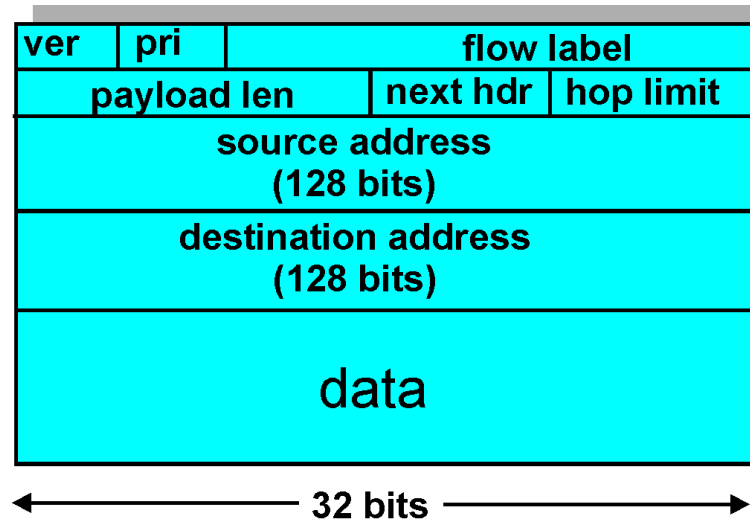
BGP

4.7 Ruteo Broadcast y
multicast

IPv6

- Motivación Inicial
 - Espacio de direcciones de 32 bits agotándose
 - Dispositivos portables, redes de sensores, IOT
- Motivaciones adicionales
 - Formato de encabezado ayuda a acelerar el procesamiento y re-envío
 - Encabezado cambia para facilitar QoS
 - Formato de datagrama IPv6
 - Encabezado de largo fijo de 40 bytes
 - Fragmentación no permitida
- Sin embargo
 - Adopción lenta debido a soluciones anteriores como CIDR+NAT

Encabezado IPv6



- Flow Label
 - Identifica datagramas del mismo *flujo*
 - Concepto de *flujo* no está bien definido
- Prioridad
 - Identifica prioridad entre datagramas en el flujo
- Next header
 - Identifica protocolo de capa superior u opciones

Otros cambios de IPv4 a v6

- Checksum
 - Eliminado completamente para reducir tiempo de procesamiento en cada router
- Opciones
 - Permitidas pero fuera del encabezado
 - Indicadas por campo *Next Header*
- ICMPv6: nueva versión de ICMP
- Tipos de mensajes adicionales
 - “Paquete muy grande”
 - Usado en el descubrimiento de MTU
- Funciones para administrar grupos multicast

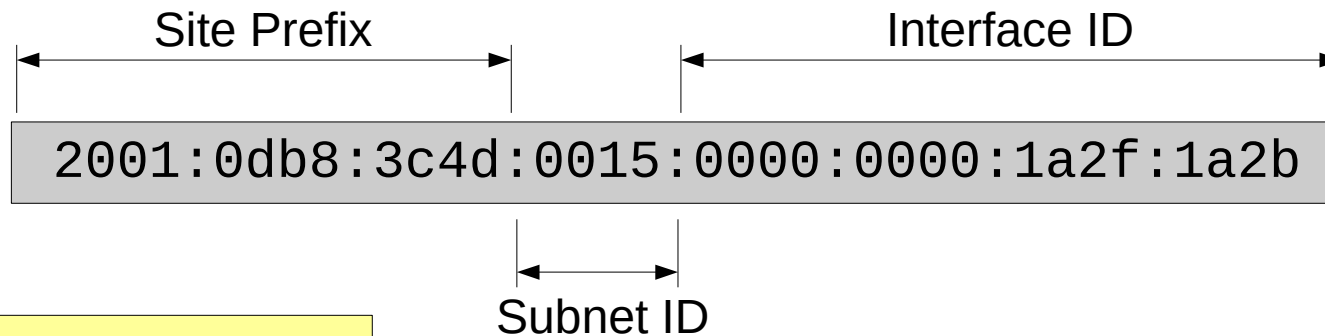
Direcciones IPv6

665.570.793.348.866.943.898.599
direcciones IP
...por m² de superficie terrestre

- Abreviaturas
 - Grupos de 0 contiguos como ::
 - Ceros a la izquierda se omiten

- Tamaño de paquetes

- IPv4: 65535
- IPv6: $2^{32} - 1$
 - Opción *Jumbo Payload*



Site Prefix: hasta 48 bits
Subnet ID: 16 bits
Interface ID: 64 bits

Direcciones IPv6

	Formato preferido	Formato comprimido
Unicast	2001:0:0:0:DB8:800:200C:417A	2001::DB8:800:200C:417A
Multicast	FF01:0:0:0:0:0:0:101	FF01::101
Loopback	0:0:0:0:0:0:0:1	::1
No especificada	0:0:0:0:0:0:0:0	::
Anycast	2001:0:0:0:DB8:0:0:0	2001:0:0:0:DB8::

- Unicast
 - Global
 - Link-local
- Anycast
 - Interface-ID = ::
- No existen direcciones de Broadcast

Prefijos reservados

- Documentación
 - 2001:db8::/32
- Encapsulamiento 6to4 (“*s-t-f*”)
 - 2002:A:B:C:D::/16 donde A.B.C.D es IPv4
 - `printf "2002:%02x%02x:%02x%02x::1\n" $(echo $IP|tr . ' ')`
- Link-local
 - Fe80::/10
 - 10 b 1111111010, 54 b en 0, 64 b IID
- Site-local
 - Fec0::<16 b subnet><IID>/10
 - 10 b 1111111011, 38 b en 0, 16 b subnet, 64 b IID
- Multicast
 - Ff00::/8

Interface-ID IEEE EUI-64

- Configurada automática o manualmente
 - Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC)
 - Stateful configuration

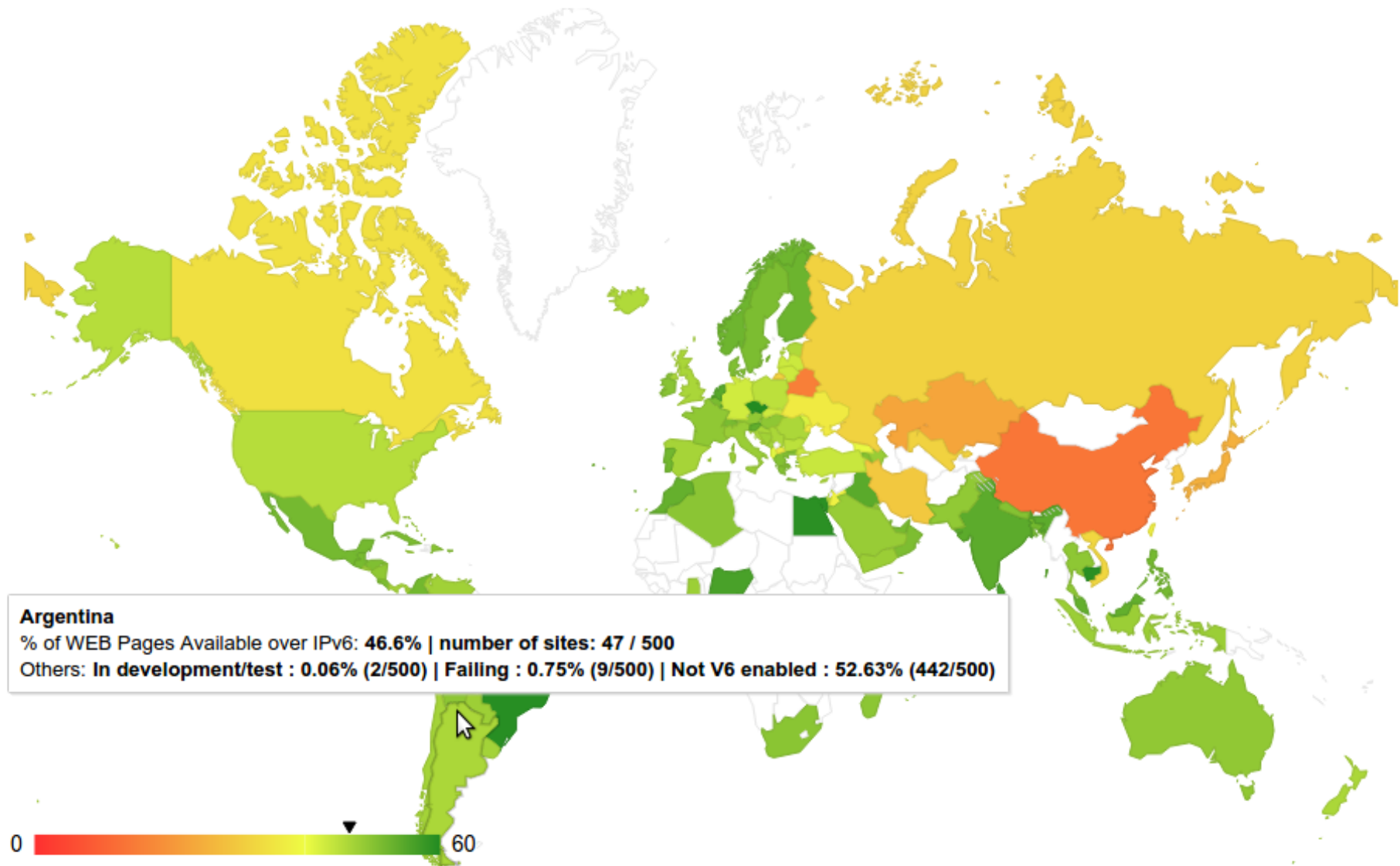
```
auto eth0
iface eth0 inet6 static
    address 2001:db8:1234:5::1:1
    netmask 64
    gateway 2001:db8:1234:5::1
```

- MAC = (OUI, NIC)
 - IID = (OUI, FFFE, NIC) con el bit U/L (universal/local) complementado
 - Octeto de orden más alto XOR 2
- URLs
 - [http://\[2010:836B:4179::1\]:80/index.html](http://[2010:836B:4179::1]:80/index.html)

Neighbor Discovery Protocol

- NDP, RFC 2461
 - Basado en multicast
 - Descubrimiento de routers
 - Conf. Automática de direcciones
 - Descubrimiento de prefijos a nivel de enlace local
 - Resolución de direcciones de enlace a partir de IP
 - Determinación de next hop
 - Determinación de MTU (IPv6 no fragmenta)
 - Detección de vecinos inalcanzables
 - Detección de direcciones duplicadas
 - Redirección de ruta

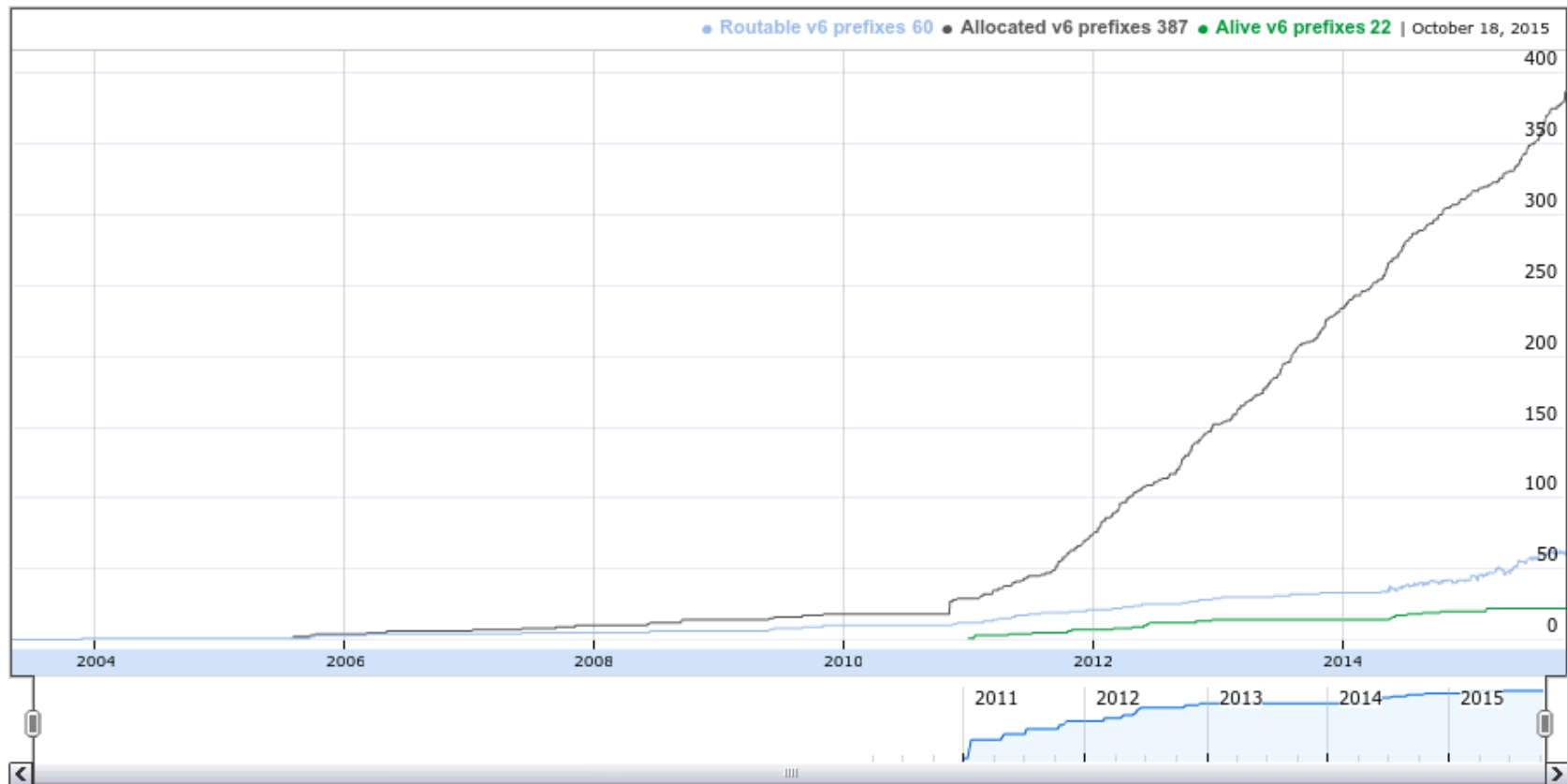
6labs.cisco.com/stats



6labs.cisco.com/stats

Argentina

Display IPv6 Prefixes Data ⓘ



Transición de IPv4 a IPv6

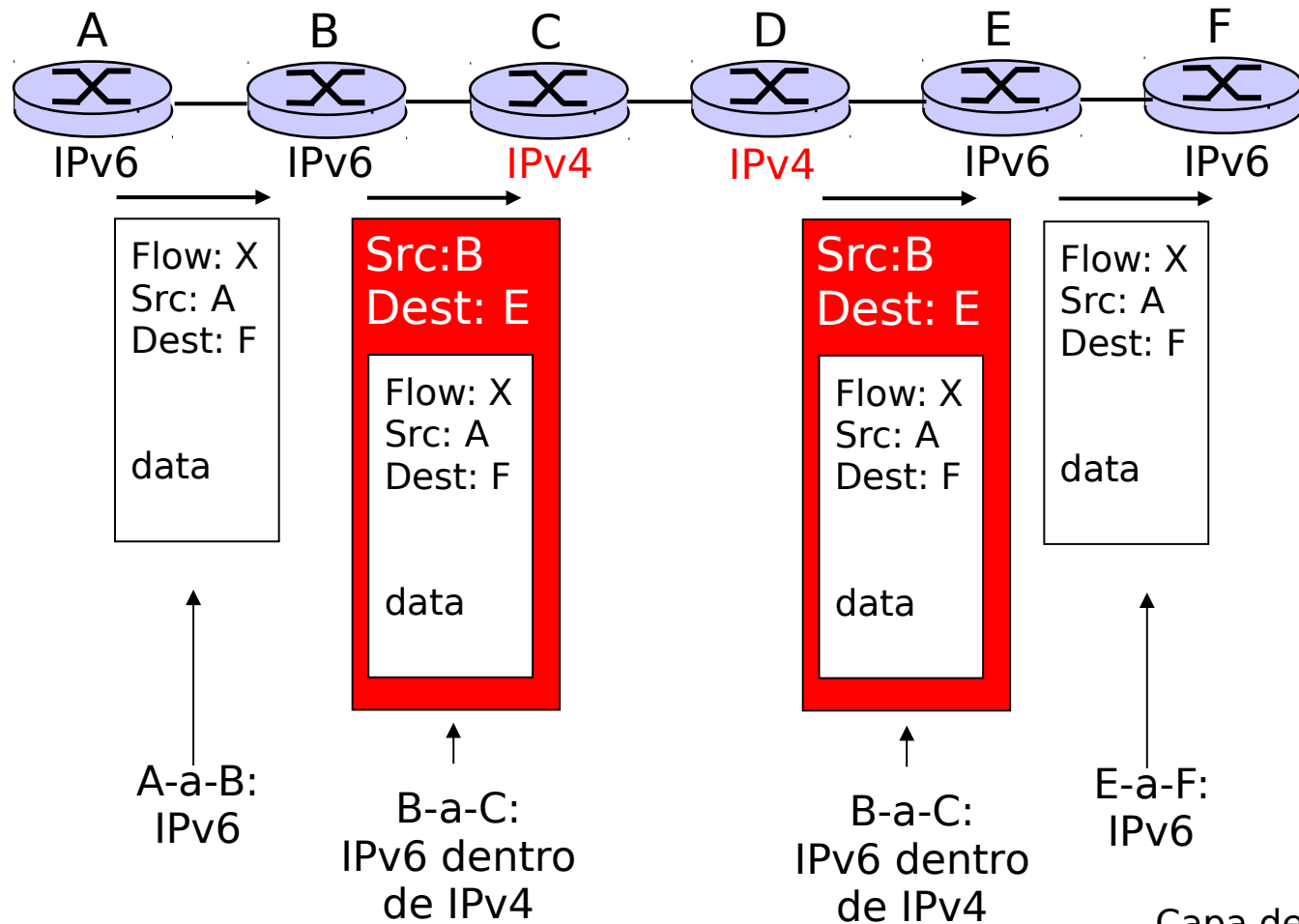
- No todos los routers pueden ser actualizados simultáneamente
- No es posible definir un día fijo para el cambio
- ¿Cómo operará la red con routers IPv4 e IPv6 mezclados?
- Estrategia de transición de Tunneling
 - IPv6, llevado como carga en datagramas IPv4, entre routers IPv4

Tunneling

Vista lógica:



Vista física:



Tunnel Brokers

- <http://www.gogo6.com>
- <https://tunnelbroker.net>
- <http://test-ipv6.com>

```
# ip -f inet6 addr
```

Teredo/Miredo

```
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536
```

```
inet6 ::1/128 scope host
```

```
valid_lft forever preferred_lft forever
```

```
3: wlan0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qlen 1000
```

```
inet6 fe80::c685:8ff:fec4:34c/64 scope link
```

```
valid_lft forever preferred_lft forever
```

```
23: teredo: <POINTOPOINT,MULTICAST,NOARP,UP,LOWER_UP> mtu 1280 qlen 500
```

```
inet6 2001:0:53aa:64c:206f:2ab3:41ce:e23d/32 scope global
```

```
valid_lft forever preferred_lft forever
```

```
inet6 fe80::ffff:ffff:ffff/64 scope link
```

```
valid_lft forever preferred_lft forever
```

Herramientas IPv6

```
# ping6 www.nasa.gov
```

```
PING www.nasa.gov(https-2607-f4e8-310-a000--e.iad.ipv6.llnw.net) 56 data  
bytes
```

```
64 bytes from https-2607-f4e8-310-a000--e.iad.ipv6.llnw.net: icmp_seq=3  
ttl=60 time=1700 ms
```

```
# traceroute6 www.nasa.gov
```

```
traceroute to www.nasa.gov (2607:f4e8:310:a000::e), 30 hops max, 80 byte  
packets
```

```
1  6to4.nyc4.he.net (2001:470:0:14c::2)  1499.893 ms  1499.904 ms  
1499.910 ms
```

```
2  ge3-7.core1.nyc4.he.net (2001:470:0:14c::1)  1499.912 ms  1499.900 ms  
1499.893 ms
```

```
3  * * *
```

```
4  tge2-4.fr3.iad.ipv6.llnw.net (2607:f4e8:1:18::1)  1499.840 ms  
1499.830 ms  1499.787 ms
```

```
5  https-2607-f4e8-310-a000--e.iad.ipv6.llnw.net (2607:f4e8:310:a000::e)  
1099.711 ms  1099.670 ms  1099.616 ms
```