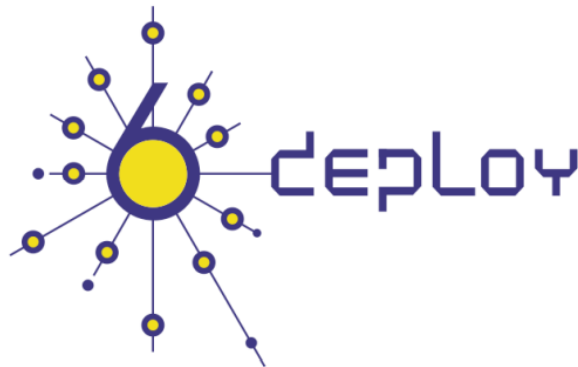


Taller Routing GORE 6 - Madrid

12 Noviembre 2010



Alvaro Vives (alvaro.vives@consulintel.es)



ConsulIntel
Consultores Integrales en Telecomunicaciones

Agenda

- 1. Introducción a IPv6**
- 2. IPv6: Aspectos técnicos básicos**
- 3. Transición y Coexistencia**
- 4. Encaminamiento con IPv6**



1. Introducción a IPv6



¿Porque un Nuevo Protocolo de Internet?

Un único motivo lo impulsó: Más direcciones!

- Para miles de millones de nuevos dispositivos, como teléfonos celulares, PDAs, dispositivos de consumo, coches, etc.
- Para miles de millones de nuevos usuarios, como China, India, etc.
- Para tecnologías de acceso “always-on”, como xDSL, cable, ethernet, etc.



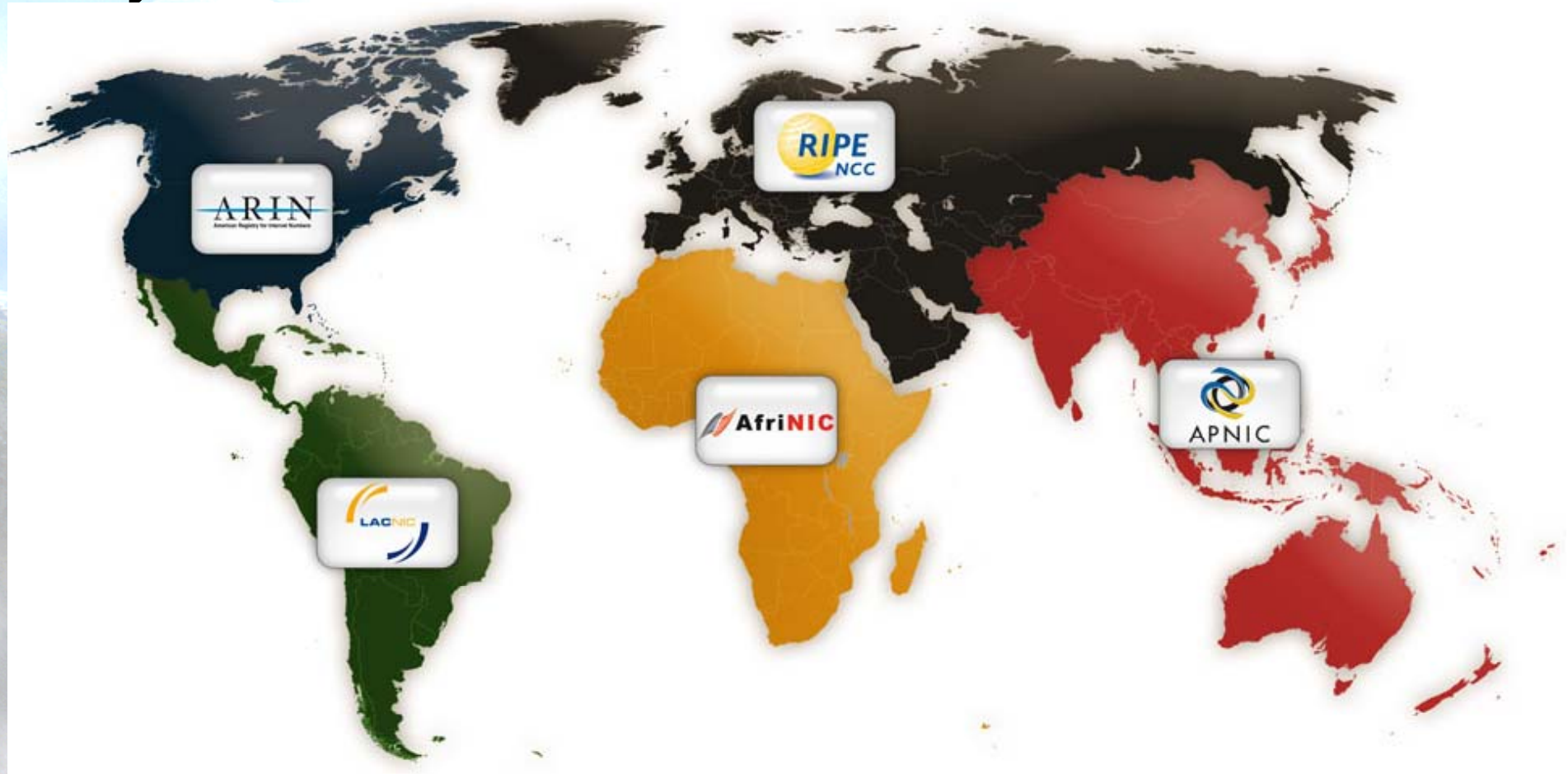
Agotamiento Direcciones IPv4 (1)

- Opinión extendida: quedan pocos años de direcciones IPv4 públicas -> Debate: Cuando se agotarán?
- Tres estrategias a seguir:
 - Aumentar el uso de NAT -> **introduce problemas técnicos y costes**
 - Tratar de obtener direcciones IPv4 libres o liberadas
 - Implementar IPv6 -> **válida a largo plazo**
- Existen múltiples comunicados de los actores de Internet recomendando la implementación de IPv6 debido al agotamiento de direcciones IPv4:
- The IPv6 Portal: Policy Recommendations:
http://www.ipv6tf.org/index.php?page=meet/policy_recommendations



Agotamiento Direcciones IPv4 (2)

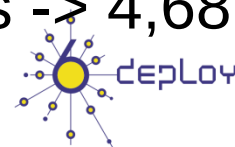
- RIRs: Registros regionales reciben de IANA y dan a ISPs



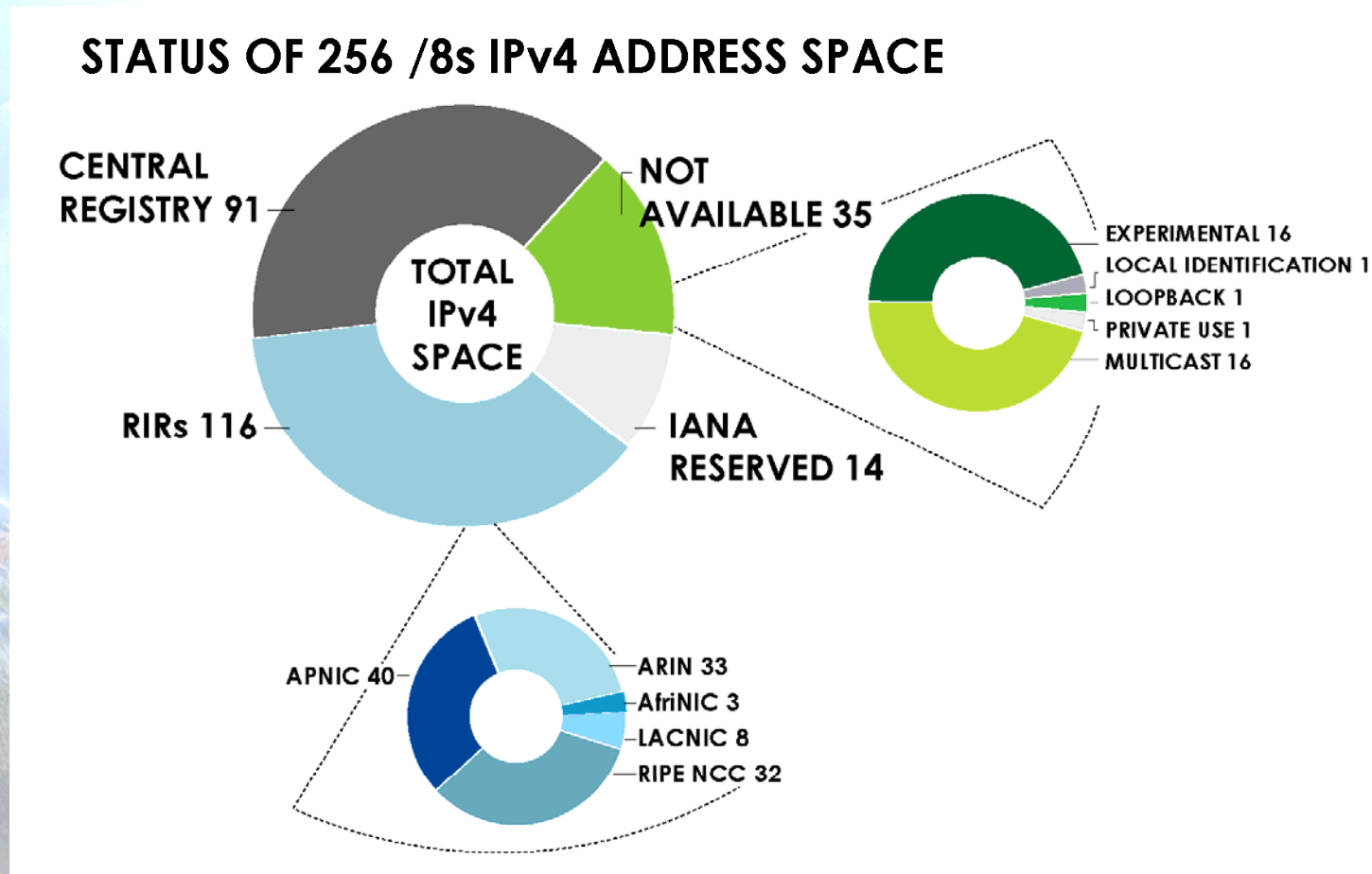
Agotamiento Direcciones IPv4 (3)

Año	Mes	/8s Disponibles (IANA)	Consumo Anual
2006	Diciembre	55	12
2007	Diciembre	42	13
2008	Diciembre	34	8
2009	Diciembre	26	8
2010	Septiembre	14	12

- 14 /8s significa el 5,46 % de direcciones disponibles
- Fuente <http://www.nro.net> a 30 de Septiembre 2010
- Octubre: Se asignaron dos /8 más -> 4,68 %



Agotamiento Direcciones IPv4 (4)

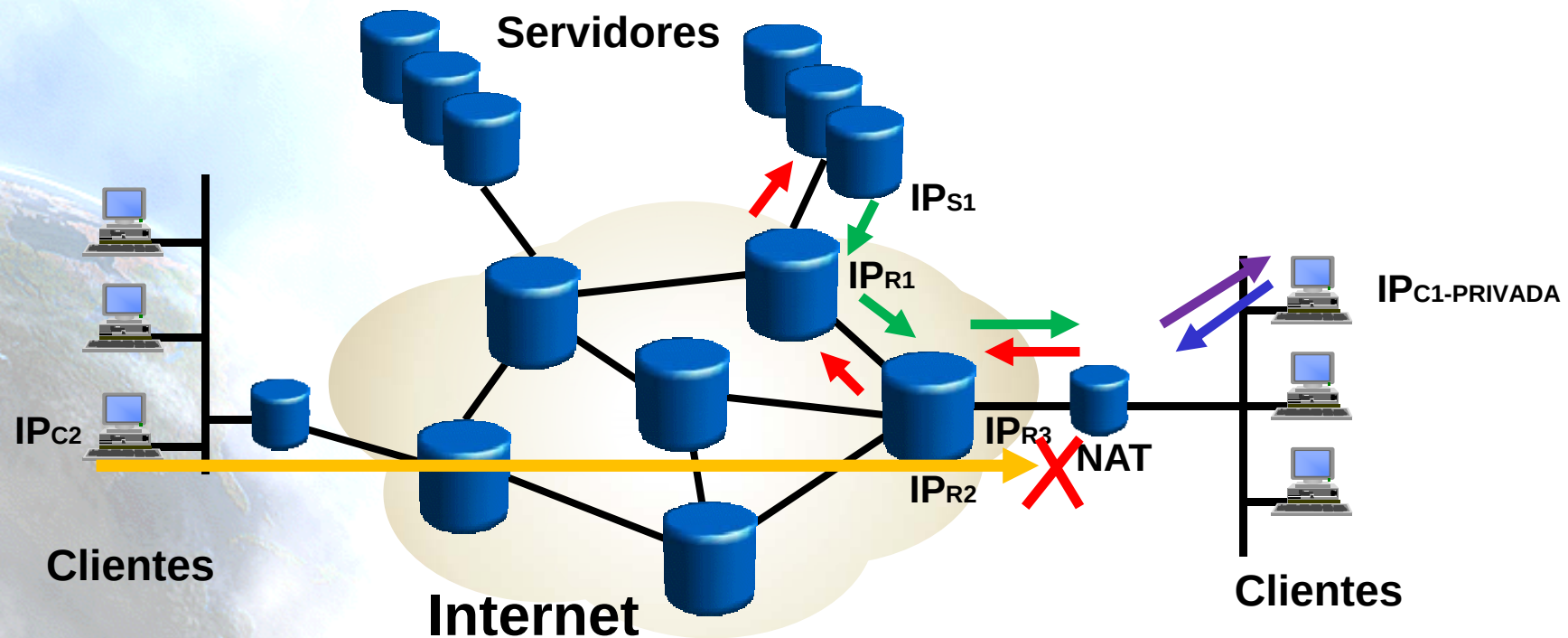


Fuente <http://www.nro.net> a 30 de Septiembre 2010

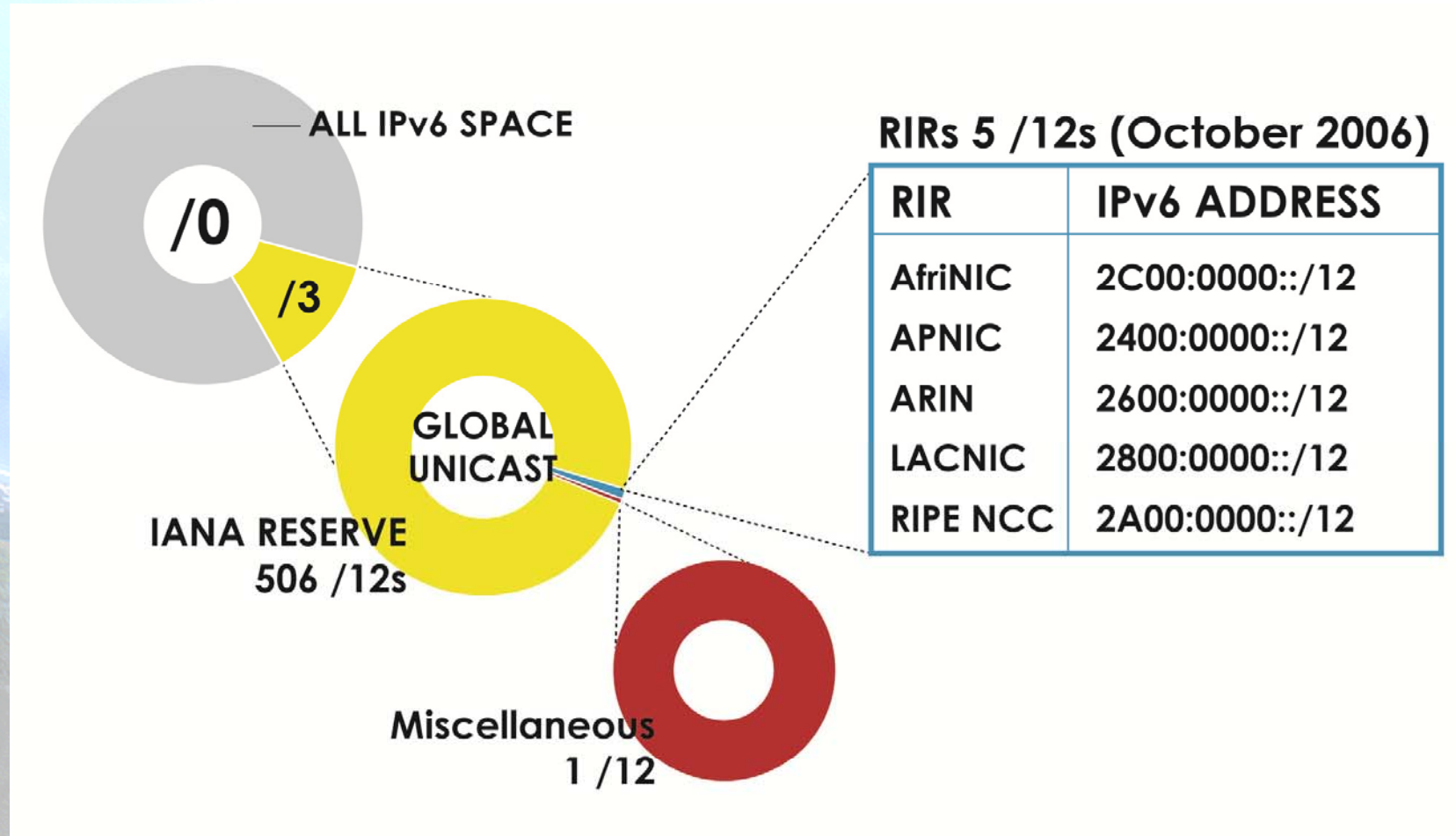


Desventajas de NAT

- Rompe el paradigma end-to-end de Internet
- No funciona con gran número de “servidores” (P2P)
- Inhiben el desarrollo de nuevos servicios y aplicaciones
- Aumenta el coste de desarrollo de aplicaciones



Direcciones IPv6



Fuente <http://www.nro.net> a 30 de Septiembre 2010



2. IPv6: Aspectos técnicos básicos

2.1 Cabeceras IPv6

2.2 Direccionamiento IPv6

2.3 Plan de Direccionamiento

2.4 Gestión de Direcciones



2.1 Cabeceras IPv6



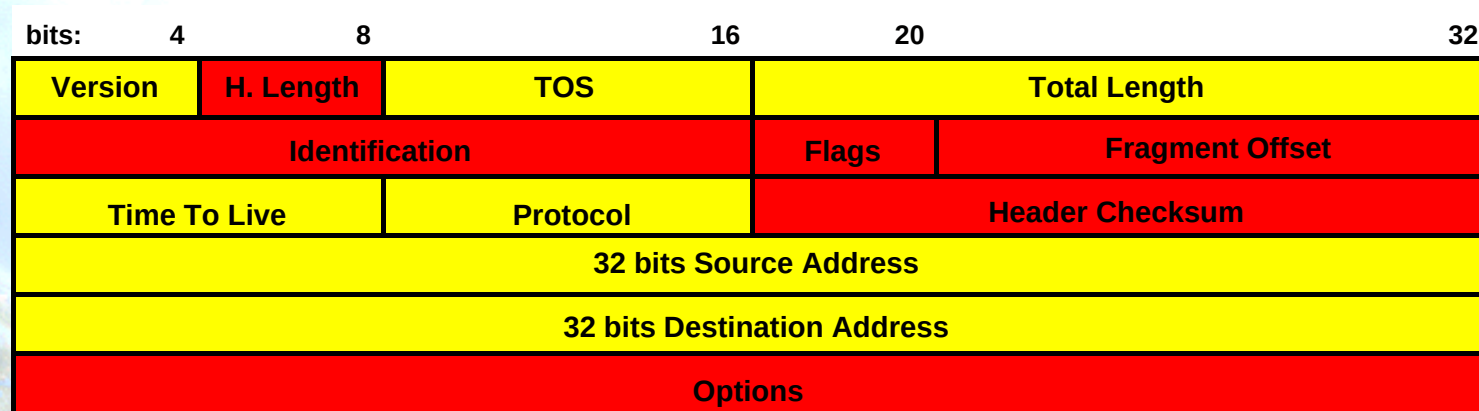
IPv6 (RFC2460)

- Especificación básica del Protocolo de Internet versión 6
- Cambios de IPv4 a IPv6:
 - Capacidades expandidas de direccionamiento
 - Simplificación del formato de la cabecera
 - Soporte mejorado de extensiones y opciones
 - Capacidad de etiquetado de flujos
 - Capacidades de autenticación y encriptación



Formato de la Cabecera IPv4

- 20 Bytes + Opciones (40 Bytes máximo)
 - Tamaño variable: 20 Bytes a 60 Bytes



Campo Modificado

Campo Eliminado



Formato de la Cabecera IPv6

- Reducción de 12 a 8 campos (40 bytes)

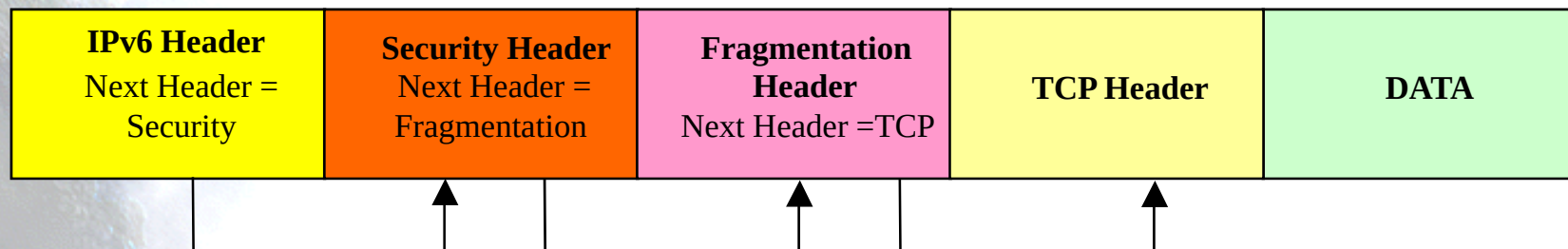
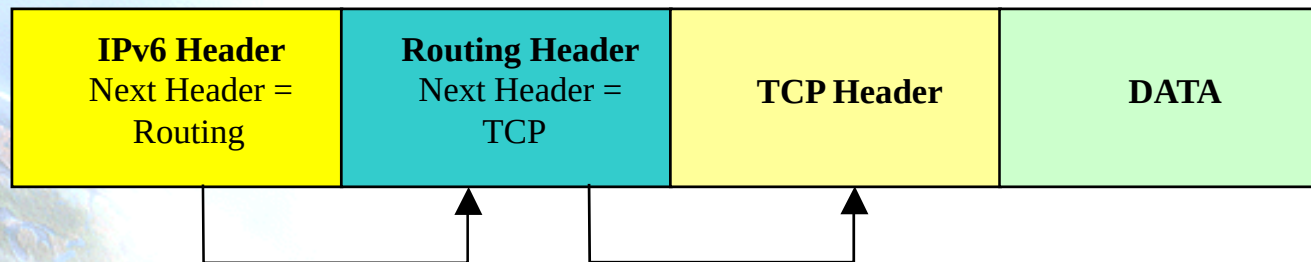
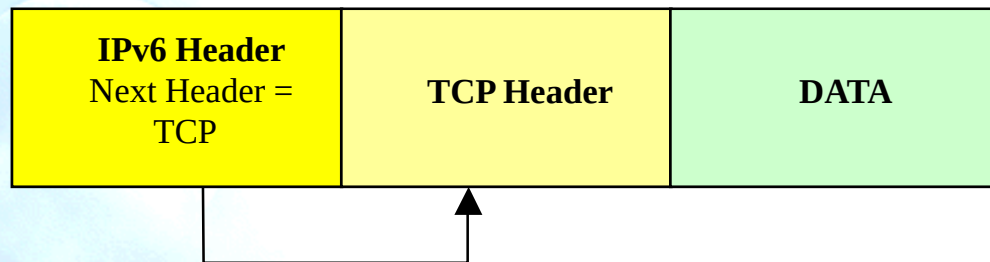
bits:	4	12	16	24	32
Version	Class of Traffic	Flow Label			
Payload Length			Next Header	Hop Limit	
128 bits Source Address					
128 bits Destination Address					

- Evitamos la redundancia del checksum
- Fragmentación extremo-a-extremo

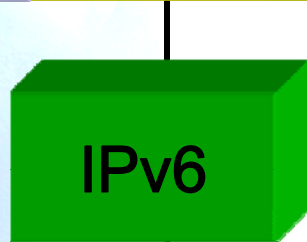
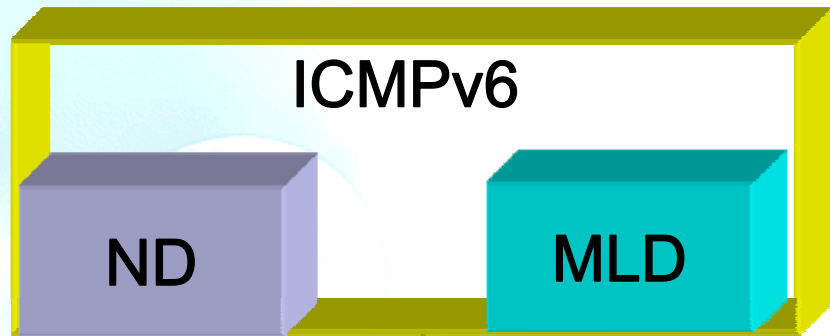


Cabeceras de Extensión

- Campo “Next Header”



Plano de Control IPv4 vs. IPv6



Multicast



Broadcast

Multicast



Resumen de las Principales Ventajas de IPv6

- Capacidades expandidas de direccionamiento
- Autoconfiguración y reconfiguración “sin servidor” (“plug-n-play”)
- Mecanismos de movilidad más eficientes y robustos
- Incorporación de encriptación y autenticación en la capa IP
- Formato de la cabecera simplificado e identificación de flujos
- Soporte mejorado de opciones/extensiones



2.2 Direcccionamiento IPv6



Tipos de Direcciones (RFC4291)

Unicast (uno-a-uno)

- globales
- enlace-local
- local-de-sitio (desaprobada)
- Unique Local (ULA)
- Compatible-IPv4 (desaprobada)
- Mapeada-IPv4

Multicast (uno-a-muchas)

Anycast (uno-a-la-mas-cercana)

Reservado



Representación Textual de las Direcciones (1)

Formato “preferido”: 2001:DB8:FF:0:8:811:200C:417A

Formato comprimido: 2001:DB8::43

IPv4-compatible: ::13.1.68.3 (desaprobada en RFC4291)

IPv4-mapped: ::FFFF:13.1.68.3

Literal: [2001:DB8:FF::8:200C]
[http://\[2001:DB8::43\]/index.html](http://[2001:DB8::43]/index.html)

Se usan los principios de CIDR: Prefijo / Long. Prefijo

2001:DB8:3003::/48

2001:DB8:3003:2:a00:20ff:fe18:964c/64



Representación Textual de las Direcciones (2)

Normas:

1. 8 Grupos de 16 bits separados por “:”
2. Notación hexadecimal de cada nibble (4 bits)
3. Se pueden eliminar los ceros a la izquierda dentro de cada grupo
4. Se pueden sustituir uno o más grupos “todo ceros” por “::”. Esto se puede hacer **solo una vez**

Ejemplos:

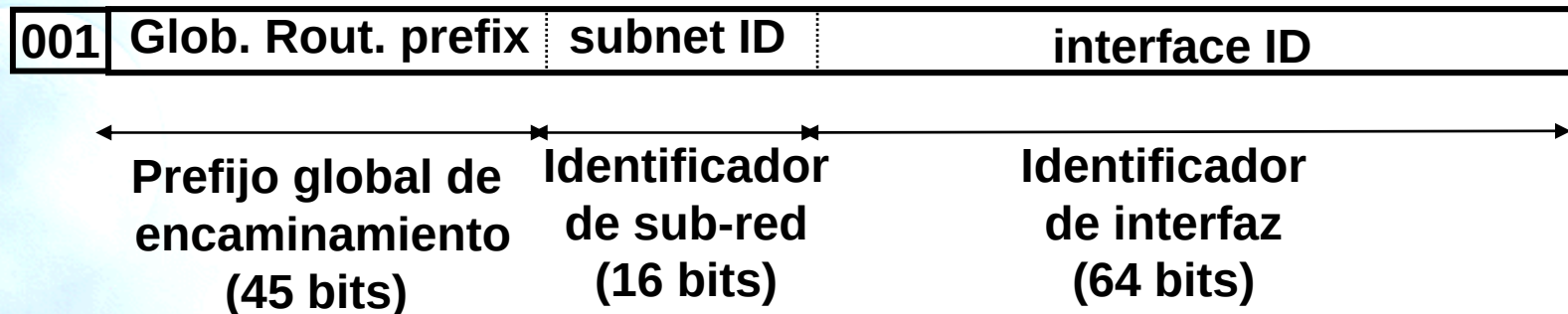
1. (Profesor) 2001:0db8:3003:0001:0000:0000:6543:0ffe

Queda: 2001:db8:3003:1::6543:ffe

2. (Alumnos) 2001:0db8:0000:0000:0300:0000:0000:0abc



Dirección Global Unicast (RFC3587)



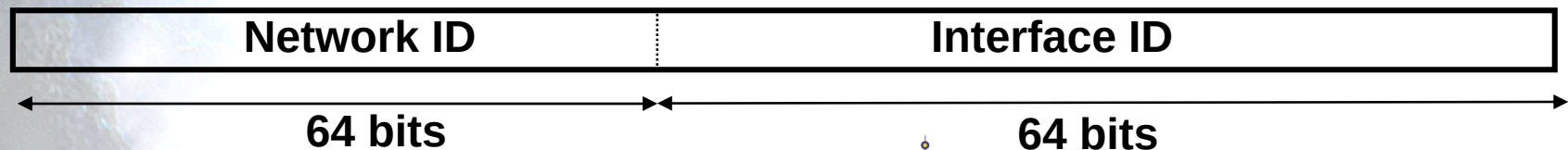
- El prefijo de encaminamiento global es un valor asignado a un zona (site), es decir, a un conjunto de sub-redes/links. Se ha diseñado para ser estructurado jerárquicamente por los RIRs e ISPs
- El ID de sub-red es un identificador de una subred dentro de un site. Se ha diseñado para ser estructurado jerárquicamente por el administrador del site
- El identificador de interfaz se construye normalmente según el formato EUI-64



Identificadores de Interfaz

Los 64-bits de menor peso de las direcciones Unicast pueden ser asignados mediante diversos métodos:

- auto-configuradas a partir de una dirección MAC de 64-bit (FireWire)
- auto-configuradas a partir de una dirección MAC de 48-bit (ejemplo, Ethernet), y expandida aun EUI-64 de 64-bits
- asignadas mediante DHCP
- configuradas manualmente
- auto-generadas pseudo-aleatoriamente (protección de la privacidad)
- posibilidad de otros métodos en el futuro



2.3 Plan de Direccionamiento



Plan de Direccionamiento (1)

- El plan de direccionamiento o numeración tiene como objetivo la asignación de direcciones del espacio de direccionamiento IPv6 asignado por un RIR
- Para ello se pueden considerar los siguientes criterios (**RFC3177 y tendencias reales**)
 - Todas las redes internas que vayan a desplegar IPv6 tendrán un prefijo /64
 - Necesario para la construcción automática de direcciones IPv6 de tipo Unicast y/o Anycast
 - Los usuarios finales, clientes residenciales (acceso xDSL, FTTx, etc.), como corporativos (empresas, ISPs, Universidad, etc.) podrán recibir prefijos de longitud /48



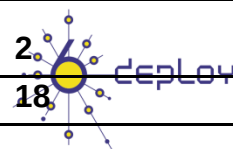
Plan de Direccionamiento (2)

- Para la elaboración del plan de direccionamiento se deben tener en cuenta las diversas subredes existentes susceptibles de desplegar IPv6 en algún momento, éstas pueden incluir:
 - Subredes susceptibles de ser nativas IPv6 desde el primer momento del despliegue de IPv6
 - Subredes susceptibles de ser nativas IPv6 a medio o largo plazo, no necesariamente desde el comienzo del despliegue de IPv6
 - Servicios de transición a IPv6
- El objetivo es tratar de garantizar que no se requerirá modificar la estructura del plan de direccionamiento en el futuro, cuando el despliegue de IPv6 en la red se haga de forma masiva



Plan de Direcccionamiento (3)

#	Prefijo	Categoría	Número de prefijos	Longitud prefijos
0	2001:DB8:0000::/38	Encaminamiento, Servicios básico, Redes internas, WiFi, Enlaces, Movilidad, Data Center		
1	2001:DB8:0400::/38	Libre	1	/38
2	2001:DB8:0800::/38	Túneles		
	2001:DB8:0C00::/38 2001:DB8:1000::/38	Libres	2	/38
5	2001:DB8:1400::/38	Clientes corporativos e ISPs	1.024	/48
6	2001:DB8:1800::/38	Clientes corporativos e ISPs	1.024	/48
7	2001:DB8:1C00::/38	Clientes corporativos e ISPs	1.024	/48
	2001:DB8:2000::/38 ... 2001:DB8:3C00::/38	Libres	8	/38
16	2001:DB8:4000::/38	Usuarios ADSL-FTTH	1.024	/48
	Hasta	Usuarios ADSL-FTTH	1.024	/48
35	2001:DB8:8C00::/38	Usuarios ADSL-FTTH	1.024	/48
	2001:DB8:9000::/38 2001:DB8:9400::/38 2001:DB8:9800::/38	Libres	3	/38
39	2001:DB8:9C00::/38	GPRS/3G	67.108.864	/64
	2001:DB8:A000::/38 2001:DB8:A400::/38	Libres	2	/38
42	2001:DB8:A800::/38	GPRS/3G	1.024	/48
	Hasta	GPRS/3G	1.024	/48
61	2001:DB8:F400::/38	GPRS/3G	1.024	/48
	2001:DB8:F800::/38 2001:DB8:FC00::/38	Libres	2	/38
Total prefijos /38 Libres			18	



2.4 Gestión de direcciones



Gestión Direcciones

- Una vez que se tiene el plan de direccionamiento, en el día a día se deben gestionar las direcciones y prefijos
- Recomendable usar alguna herramienta de gestión de direcciones, comercial o de elaboración propia
- Se pretende que se puedan aumentar las asignaciones hechas, si fuese necesario en el futuro



Distancia Potencia de Dos (1)

- En la práctica lo que se suele hacer es hacer asignaciones de prefijos con cierta “distancia”
- En el futuro se podrán asignar prefijos contiguos a los ya previamente asignados, éstos se agregarán para formar un prefijo mayor
- Al usar una distancia potencia de dos, los prefijos asignados se podrán **agregar** (por ejemplo, dos /48 se pueden agregar como un /47)
- A mayor “distancia” mayor flexibilidad futura, pero también mayor “desperdicio” de direcciones (siempre se podrán asignar a otro usuario pero perdiendo flexibilidad)



Distancia Potencia de Dos (2)

Prefijo Inicial	Asignación (binario)	Asignación (hexadecimal)	Prefijo Asignar	Orden
2001:db8::/32	0000 0000 0000 0000	0000	2001:db8:0000::/48	1
	0000 0000 0000 0100	0004	2001:db8:0004::/48	2
	0000 0000 0000 1000	0008	2001:db8:0008::/48	3
	0000 0000 0000 1100	000C	2001:db8:000C::/48	4
	0000 0000 0001 0000	0010	2001:db8:0010::/48	5
	0000 0000 0001 0100	0014	2001:db8:0014::/48	6
	0000 0000 0001 1000	0018	2001:db8:0018::/48	7
	0000 0000 0001 1100	001C	2001:db8:001C::/48	8
	0000 0000 0010 0000	0020	2001:db8:0020::/48	9



3. Transición y Coexistencia



Técnicas de Transición / Coexistencia

Un amplio abanico de técnicas han sido identificadas e implementadas, básicamente dentro de tres categorías:

- (1) doble-pila, para permitir la coexistencia de IPv4 e IPv6 en el mismo dispositivo y redes
- (2) técnicas de túneles, para evitar dependencias cuando se actualizan hosts, routers o regiones
- (3) técnicas de traducción, para permitir la comunicación entre dispositivos que son sólo IPv6 y aquellos que son sólo IPv4

Todos estos mecanismos suelen ser utilizados, incluso en combinación

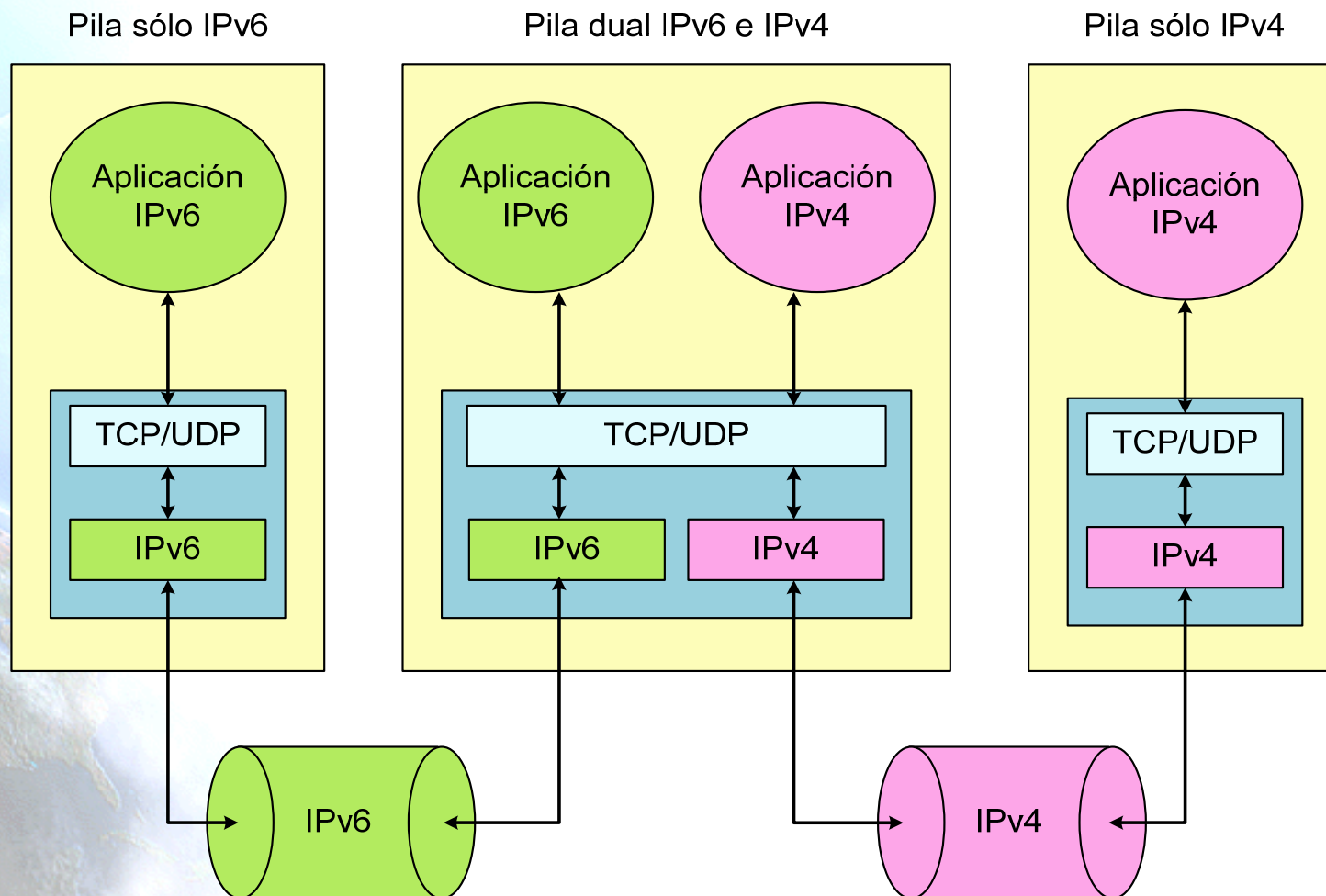


Doble-Pila (1)

- Al añadir IPv6 a un sistema, no se elimina la pila IPv4
- Las aplicaciones (o librerías) escogen la versión de IP a utilizar
 - En función de la respuesta DNS: si el destino tiene un registro AAAA, utilizan IPv6, en caso contrario IPv4
 - La respuesta depende del paquete que inició la transferencia
- Esto permite la coexistencia indefinida de IPv4 e IPv6, y la actualización gradual a IPv6, aplicación por aplicación



Doble pila (2)



Mécanismo basado en doble pila

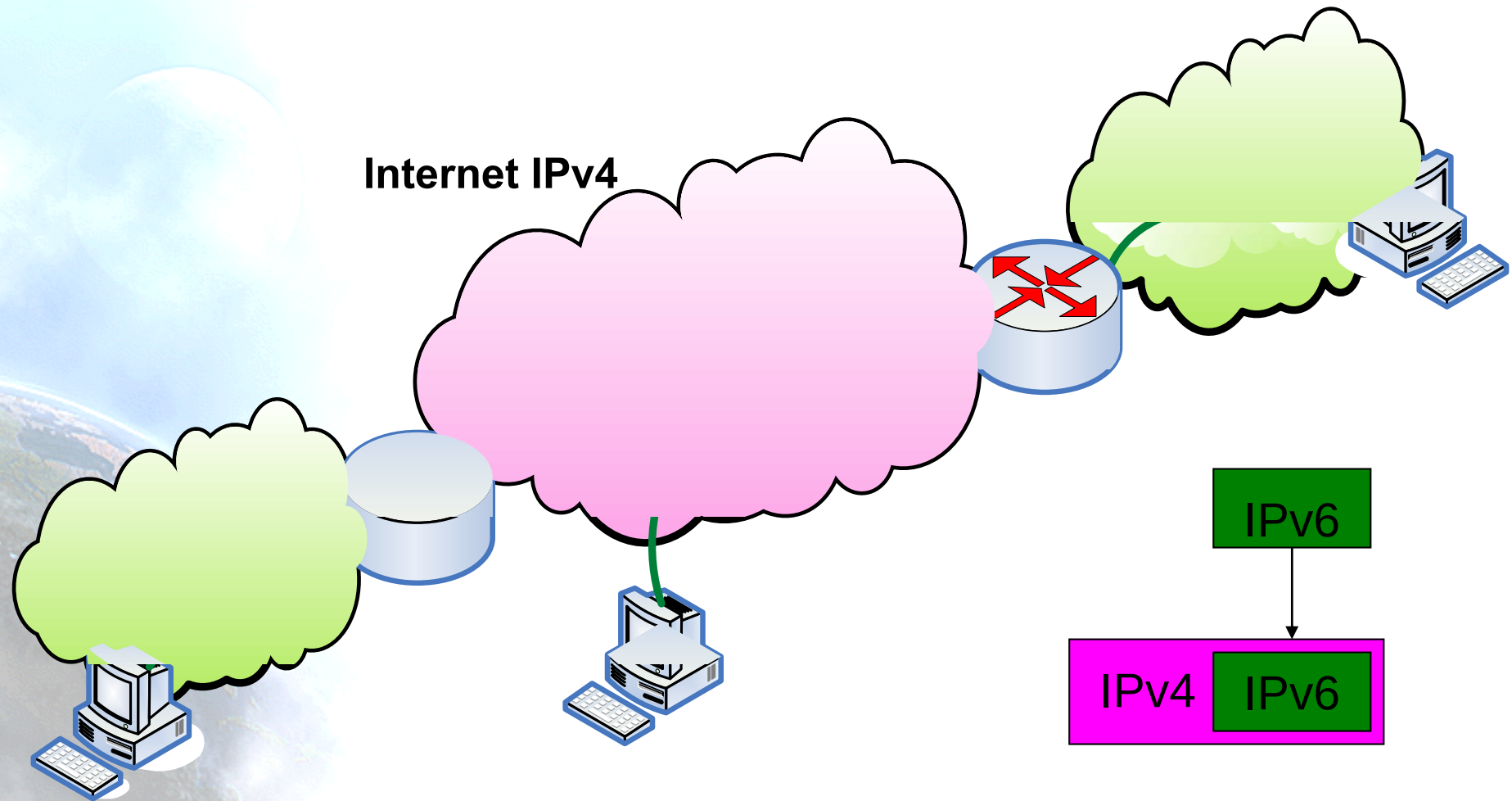


Túneles para Atravesar Routers que no Reenvían IPv6 (1)

- Encapsulamos paquetes IPv6 en paquetes IPv4 (o en tramas MPLS)
- Muchos métodos para establecer dichos túneles:
 - configuración manual
 - “tunnel brokers” (típicamente con interfaces web)
 - “6-over-4” (intra-domain, usando IPv4 multicast como LAN virtual)
 - “6-to-4” (inter-domain, usando la dirección IPv4 como el prefijo del sitio IPv6)
 - Otros: 6in4, 6RD, Softwires, Teredo, ISATAP, 6PE, etc.
- Puede ser visto como:
 - IPv6 utilizando IPv4 como capa de enlace virtual link-layer, o
 - una VPN IPv6 sobre la Internet IPv4



Túneles para Atravesar Routers que no Reenvían IPv6 (2)



Mécanismo basado en túneles

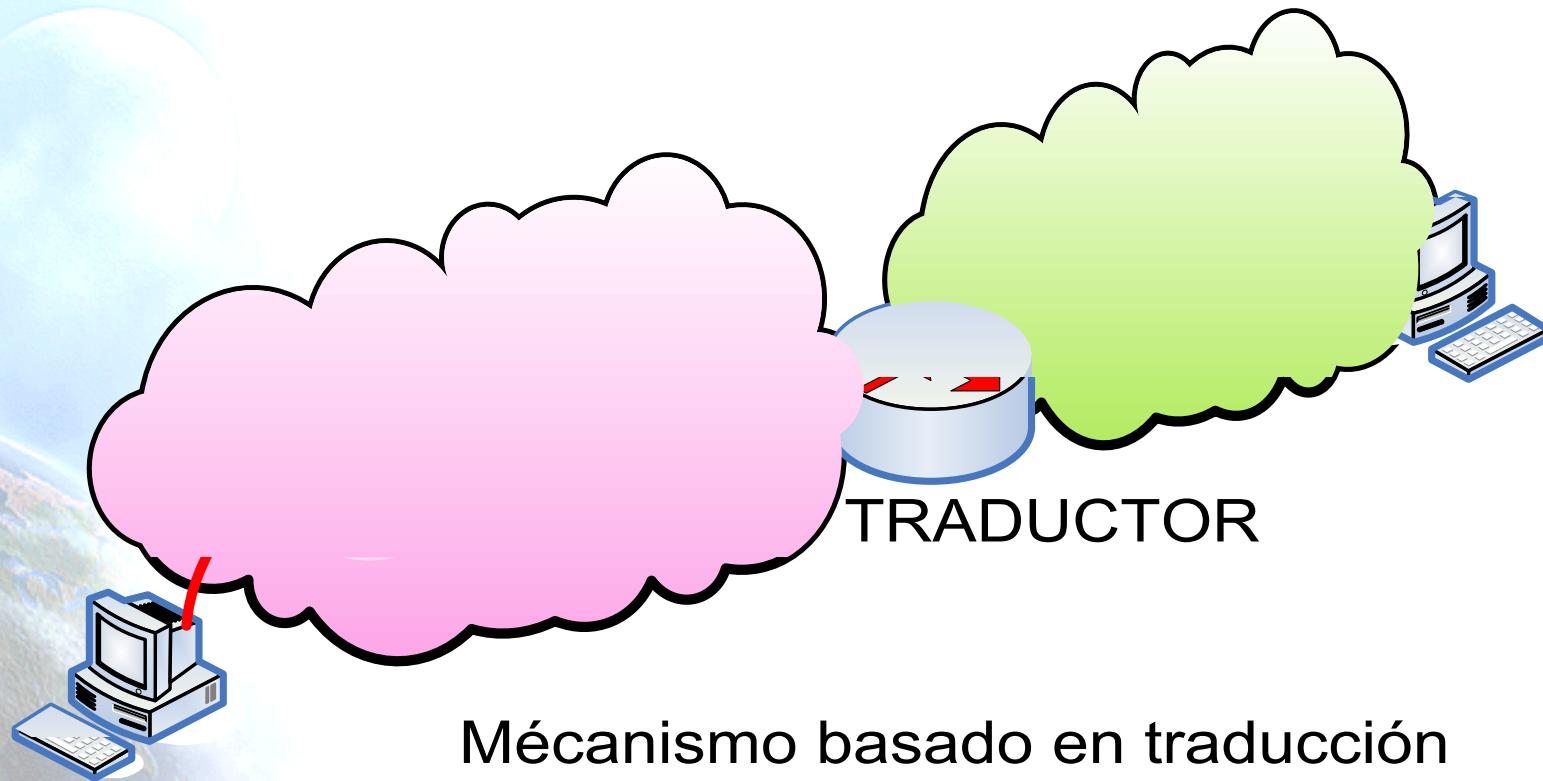


Traducción (1)

- Se puede utilizar traducción de protocolos IPv6-IPv4 para:
 - nuevos tipos de dispositivos Internet (como teléfonos celulares, coches, dispositivos de consumo)
- Es una extensión a las técnicas de NAT, convirtiendo no sólo direcciones sino también la cabecera
 - Los nodos IPv4 detrás de un traductor obtienen la funcionalidad de IPv6 sólo cuando hablan con otro nodo IPv6
 - Obtienen la funcionalidad habitual IPv4 con NAT en el resto de los casos



Traducción (2)



Un nuevo problema a resolver

En un principio los mecanismos de transición tenían el objetivo de permitir tráfico IPv6:

- coexistiendo con IPv4 de manera “pacífica”
- a través de redes sin soporte IPv6

El problema a resolver era **permitir tráfico IPv6**

Actualmente la situación ha cambiado:

- las direcciones IPv4 públicas se agotan
- despliegue de IPv6 no ha ido lo suficientemente rápido

Nuevo problema: **permitir conectividad a redes solo IPv6**



4. Encaminamiento con IPv6

4.1 OSPF

4.2 IS-IS

4.3 BGP



Encaminamiento IPv6

- Mismo mecanismo CIDR “longest-prefix match” que actualmente en IPv4
- Cambios mínimos respecto de los protocolos existentes para encaminado en IPv4 (gestión de direcciones mayores)
 - Unicast: **RIP, OSPF, IS-IS, BGP4+, ...**
 - Multicast: **MOSPF, PIM, ...**
- Se puede utilizar la cabecera de routing con direcciones unicast para encaminar paquetes a través de regiones concretas
 - Por ejemplo, para la selección de proveedores, políticas, prestaciones, etc.



4.1 OSPF

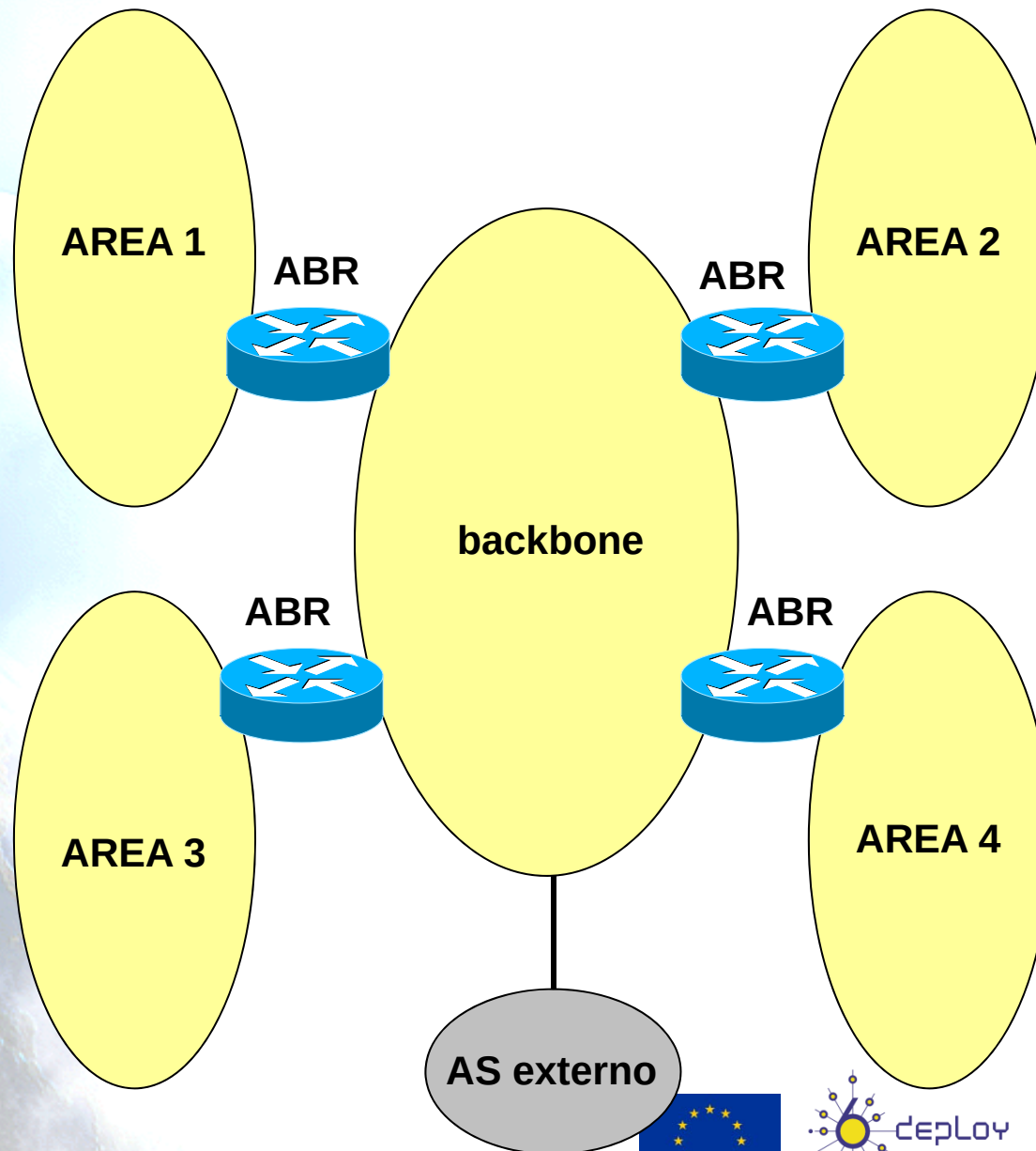


Visión General OSPF (1)

- Protocolo de encaminamiento IGP de tipo “link-state” que intenta dar solución a las necesidades más avanzadas de los Sistemas Autónomos más exigentes:
 - soporte VLSM (Variable Length Subnet Masking)
 - autenticación
 - rápida convergencia cuando se producen cambios en la topología de la red
 - propagación de rutas por medio de multicast
 - consideración del ancho de banda en la elección de la mejor ruta
- Se divide la red en varias áreas, todas conectadas al área de backbone, para una mejor escalabilidad



Visión General OSPF (2)



Visión General OSPF (3)

- OSPF utiliza el protocolo Hello para determinar:
 - Qué interfaces recibirán los LSAs
 - Qué otros encaminadores vecinos existen
 - Si los encaminadores vecinos siguen activos (keepalive)
- Los encaminadores envían LSAs (Link-State Advertisements) a todos los encaminadores de la misma unidad jerárquica por medio de una dirección multicast e incluyen entre otros:
 - Prefijo de red
 - Máscara de red
 - Tipo de red
 - Encaminadores conectados
 - Etc.
- Todos construyen la misma base de datos topológica a partir de los LSAs recibidos
 - Se obtiene la nueva tabla de rutas a partir de la nueva topología.



OSPF IPv6 (1)

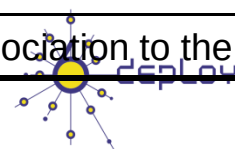
- La versión 3 OSPF, para IPv6 (RFC2740), extiende la versión 2 de OSPF (RFC2328) para soportar el encaminamiento de prefijos IPv6 y las direcciones de 128 bits
- OSPFv3 es solo-IPv6, en un entorno doble-pila hará falta ejecutar dos instancias distintas para IPv4 (OSPFv2) e IPv6 (OSPFv3)
- Nuevas características:
 - Se ejecuta directamente sobre IPv6
 - Se distribuyen prefijos IPv6
 - Nuevos tipos de LSA
 - Utiliza direcciones Multicast:
 - ALLSPFRouters (FF02::5)
 - ALLDRouters (FF02::6)



OSPF IPv6 (2)

- Puesto que en IPv6 una interfaz de red puede tener más de una dirección, los LSAs en OSPFv3 difieren de los de la versión para IPv4

Código	LSA	Link-State ID
1	Router LSA	Originating router ID of the router. En IPv6 no tienen información de la dirección de red y son independientes del protocolo de red.
2	Network LSA	Interface IP address of the DR En IPv6 no tienen información de la dirección de red y son independientes del protocolo de red.
3	Interarea-prefix LSAs for ABRs	Destination network number. En IPv6 se expresa como prefijo, longitud de prefijo.
4	Interarea-router LSAs for ASBRs	Router ID of AS boundary router
5	Autonomous system external LSAs	Redistributing routes from another AS. En IPv6 se expresa como prefijo, longitud de prefijo y la ruta por defecto, de longitud 0.
8	Link LSA	Local-link flooding scope. Informa de las direcciones link-local de todos los encaminadores del segmento de red
9	Intra-Area-Prefix LSA	Describes association to the router LSA.



4.3 IS-IS



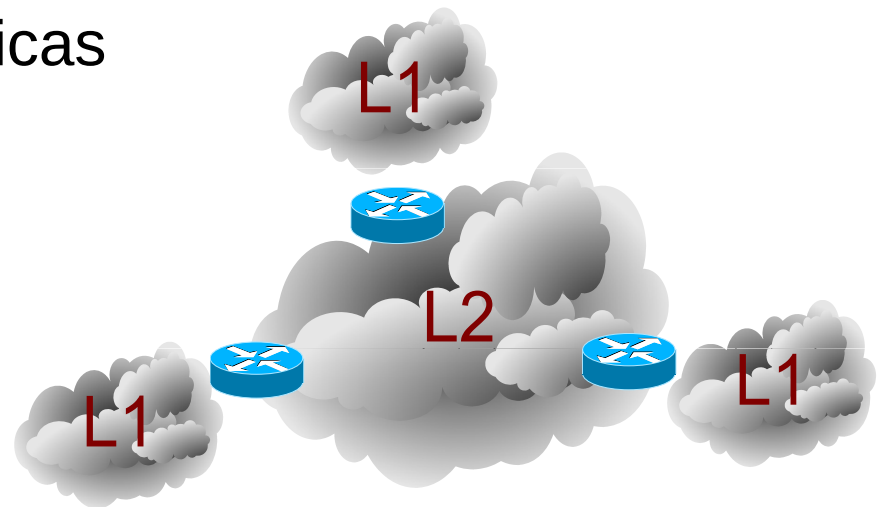
Visión General IS-IS (1)

- IS-IS es un protocolo de encaminamiento OSI
- Diseñado para soportar el protocolo CLNP
 - Protocolo de la capa de red similar a IP
- Se ha extendido para soportar también IPv4 y IPv6 (RFC5308)



Visión General IS-IS (2)

- Características
 - Encaminamiento jerárquico
 - Soporte “classless”
 - Uso de direcciones multicast
 - Autenticación mediante password
 - Soporte de múltiples métricas
 - Cálculo SPF local



Visión General IS-IS (3)

- Se basa en dos niveles jerárquicos (backbone y stub)
- Se envían LSP (Link State Packets)
- La información se envía mediante TLVs (Tag / Length / Value)
- Se definen dos nuevos TLVs para IPv6:
 - IPv6 Reachability
 - IPv6 Interface Address
- Se define un nuevo identificador de red para IPv6:
 - IPv6 NLPID



4.4 BGP

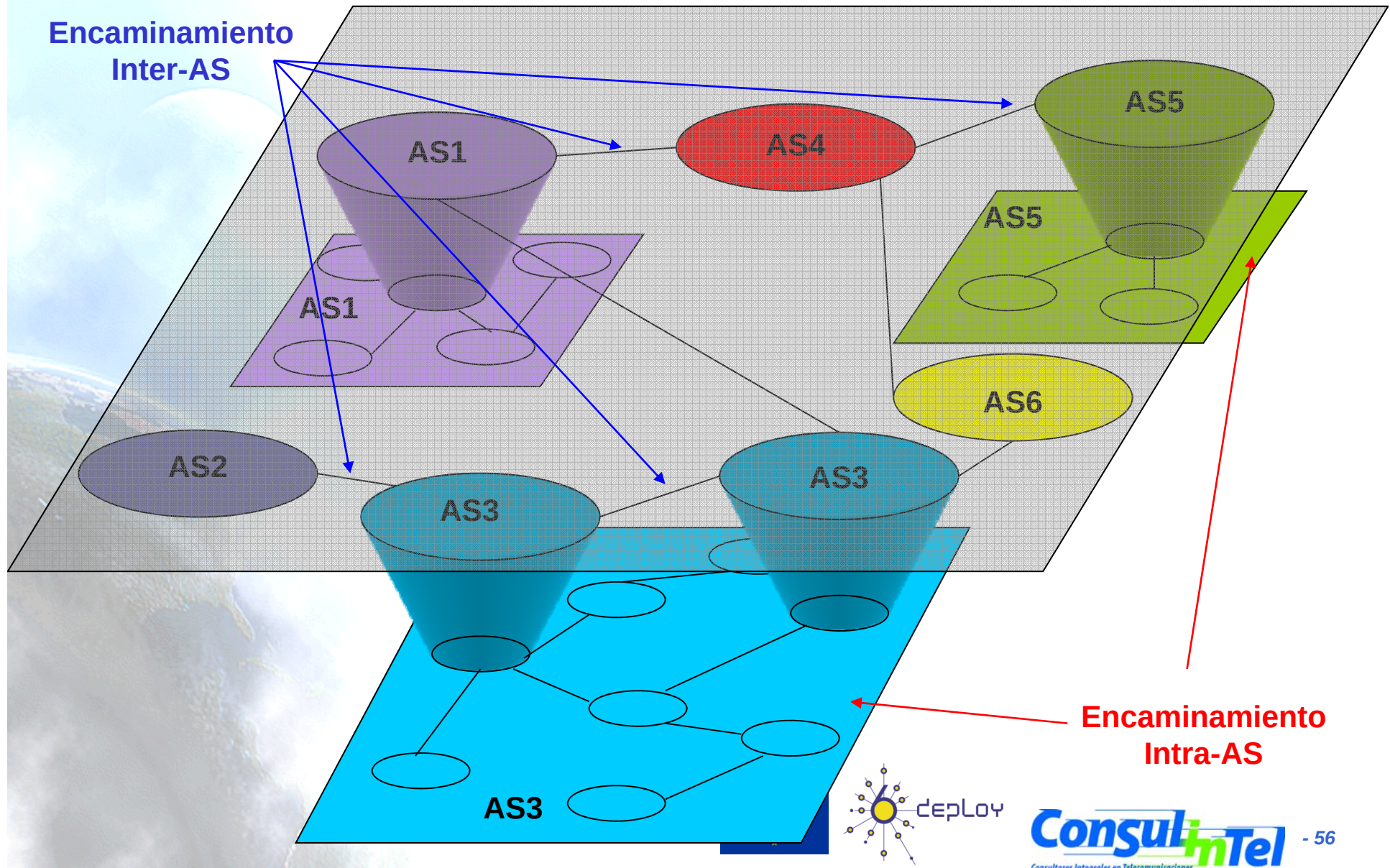


Visión General de BGP (1)

- El encaminamiento en Internet se hace a dos niveles
 - Intra-AS => IGP
 - La gestión de cada AS es local, lo cual incluye el tipo de protocolo de encaminamiento usado
 - Inter-AS => EGP
 - Requiere una estandarización para que todos los ASs sean alcanzados por todos.
 - BGP estándar “de facto”



Visión General de BGP (2)



Visión General de BGP (3)

- BGP “Border Gateway Protocol”
 - estándar “de facto”
- Se basa en el PVP (Path Vector Protocol)
 - Similar al Distance Vector
 - Cada encaminador frontera envía a sus vecinos (“peerings”) la ruta completa a un destino, no solo la distancia
 - El camino (path) es una secuencia de ASs hasta el destino
 - Ejemplo: $\text{Path}(X,Z)=X, Y1, Y2, Y3, Y5, Z$



Visión General de BGP (4)

- Se utiliza TCP para el intercambio de mensajes BGP
 - OPEN – abre una conexión TCP
 - UPDATE – anuncia o confirma un nuevo camino
 - KEEPALIVE – en ausencia de UPDATES sirve para mantener abierta la conexión TCP y como ACK de un mensaje OPEN
 - NOTIFICATION – informa de errores en mensajes precedentes y para cerrar conexiones



BGP para IPv6 (BGP4+) (1)

- La versión actual de BGP es la versión 4, i.e. BGP4
 - BGP4 (BGP para IPv4) se describe en RFC4271
- Las Extensiones Multiprotocolo para BGP [RFC4760], i.e. BGP4+, permiten usar BGP4 con diferentes familias de direcciones (address family), tales como IPv6 y Multicast



BGP para IPv6 (BGP4+) (2)

- Las extensiones multiprotocolo para BGP para IPv6 soportan las mismas funcionalidades y características que BGP para IPv4
 - Las extensiones para IPv6 incluyen el soporte para
 - La familia de direcciones IPv6 (IPv6 address family) y la network layer reachability information (NLRI)
 - El atributo de next hop (el router siguiente en el camino hacia el destino), que ahora usa direcciones IPv6
- Las extensiones multiprotocolo para BGP para IPv6 Multicast soportan las mismas funcionalidades y características que BGP para IPv4 Multicast
 - Las extensiones para IPv6 Multicast incluyen el soporte para
 - La familia de direcciones IPv6 Multicast (IPv6 Multicast address family) y la network layer reachability information (NLRI)
 - El atributo de next hop (el router siguiente en el camino hacia el destino), que ahora usa direcciones IPv6 Multicast



Características de BGP4+ (1)

- Los únicos componentes de información de BGP que son específicos para IPv4 son los atributos
 1. NEXT_HOP (expresado como una dirección IPv4)
 2. AGGREGATOR (contiene una dirección IPv4)
 3. NLRI (expresado como prefijos de direcciones IPv4)
- RFC4760 asume que cualquier router BGP (incluyendo los que soportan el mismo RFC4760) tiene una dirección IPv4 (la cual se usará, entre otras cosas en el atributo de AGGREGATOR)



Características de BGP4+ (2)

- Para proveer compatibilidad con versiones anteriores, así como para simplificar la introducción de las capacidades multiprotocolo en BGP4, el RFC4760 define dos nuevos atributos
 - Multiprotocol Reachable NLRI (MP_REACH_NLRI), contiene la información de los destinos alcanzables, así como la información de next hop usada para hacer el reenvío (forwarding) hacia esos destinos
 - Multiprotocol Unreachable NLRI (MP_UNREACH_NLRI), contiene la información de los destinos inalcanzables
- Atributo NEXT_HOP independiente del protocolo
- Atributo NLRI independiente del protocolo
- Ambos atributos son opcionales y no-transitivos
 - un router BGP que no soporta la extensión multiprotocolo ignorará estos atributos y no los pasará a otros routers



Gracias !! Preguntas??

Contacto:

Alvaro Vives : alvaro.vives@consulintel.es

The IPv6 Portal: <http://www.ipv6tf.org>

