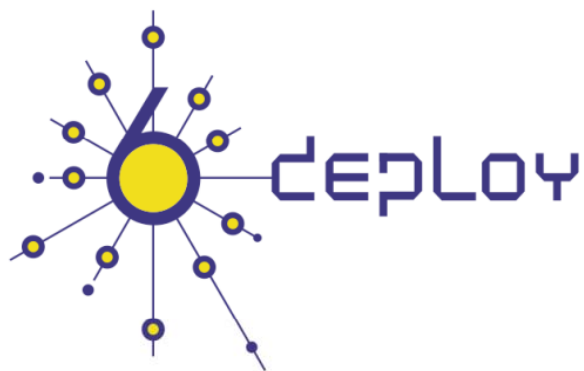


Curso IPv6

WALC 2009

Bogotá – Colombia

21 al 25 Septiembre 2009



César Olvera (cesar.olvera@consulintel.es)

Alvaro Vives (alvaro.vives@consulintel.es)



Contenido del curso (1)

- **Bloque 1. Tutorial IPv6**

1. Introducción a IPv6
2. Formatos de cabeceras y tamaño de paquetes
3. Direccionamiento IPv6
4. ICMPv6, Neighbor Discovery y DHCPv6
5. Seguridad IPv6
6. Encaminamiento con IPv6
7. Mecanismos de Transición
8. Movilidad IPv6



Contenido del curso (2)

- **Bloque 2. Otros Aspectos Avanzados**
 9. Calidad de Servicio (QoS)
 10. Multicast
 11. Multi-homing
 12. Porting de aplicaciones
 13. Gestión SNMP sobre IPv6
 14. IPv6 sobre MPLS
 15. DNS IPv6





Bloque 1

Tutorial IPv6



3. Direccionamiento IPv6

- 3.1 Tipos de Direcciones
- 3.2 Prefijo y representación
- 3.3 Direcciones IPv6 Unique Local
- 3.4 Identificadores de interfaz
- 3.5 Direcciones Multicast
- 3.6 Otras consideraciones





3.1 Tipos de Direcciones



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



Algunas Direcciones Unicast Especiales

- Del RFC5156:
- **Dirección no especificada**, utilizada temporalmente cuando no se ha asignado una dirección: **0:0:0:0:0:0:0:0 (::/128)**
- Dirección de **loopback**, para el “auto-envío” de paquetes: **0:0:0:0:0:0:0:1 (::1/128)**
- Del RFC3849:
- **Prefijo de documentación**: **2001:0db8::/32**



3.2 Prefijo y representación



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

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



Prefijos de los Tipos de Direcciones

| Tipo de Dirección | Prefijo Binario | Notación IPv6 |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Unspecified | 00...0 (128 bits) | ::/128 |
| Loopback | 00...1 (128 bits) | ::1/128 |
| Multicast | 1111 1111 | FF00::/8 |
| Link-Local Unicast | 1111 1110 10 | FE80::/10 |
| ULA | 1111 110 | FC00::/7 |
| Global Unicast | (everything else) | |
| IPv4-mapped | 00...0:1111...1111:IPv4 | ::FFFF:IPv4/128 |
| IPv4-compatible (desaprobada) | 00...0 (96 bits) | ::IPv4/128 |
| Site-Local Unicast (desaprobada) | 1111 1110 11 | FEC0::/10 |

- Direcciones **Anycast** se asignan de los prefijos Unicast



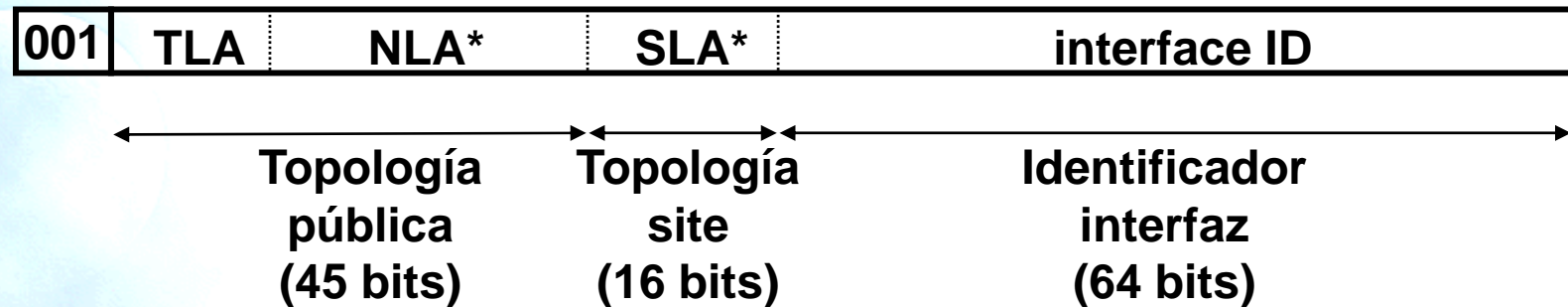
Prefijos Globales Unicast

| <u>Tipo de Dirección</u> | <u>Prefijo Binario</u> |
|--------------------------|---|
| IPv4-compatible | 0000...0 (96 zero bits) (desaprobada) |
| IPv4-mapped | 00...0FFFF (80 zero+ 16 one bits) |
| Global unicast | 001 |
| ULA | 1111 110x (1= Asignado localmente) (0=Asignado centralmente) |

- El prefijo **2000::/3** se esta usando para las asignaciones de direcciones Globales Unicast, todos los demás prefijos están reservados (aprox. 7/8 del total).



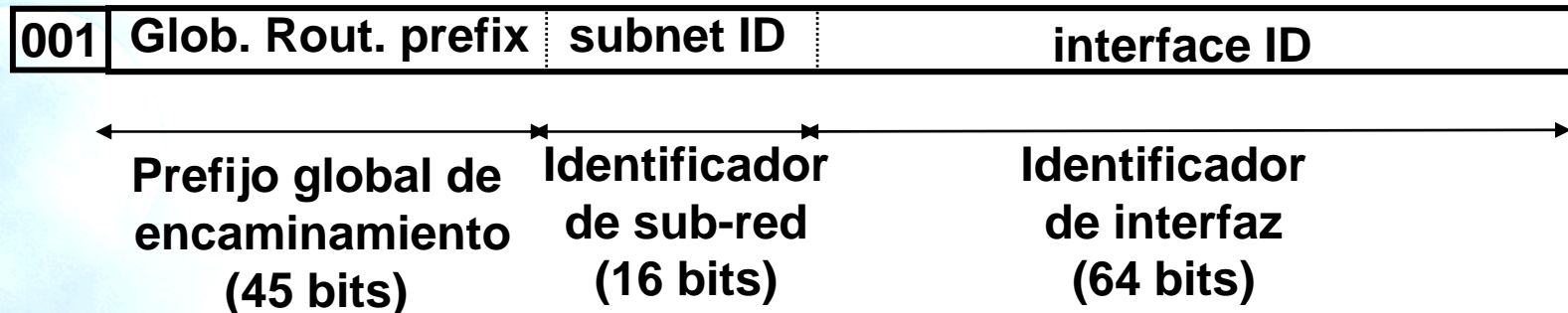
Aggregatable Global Unicast Addresses (RFC2374) (obsoleto)



- TLA = Top-Level Aggregator
- NLA* = Next-Level Aggregator(s)
- SLA* = Site-Level Aggregator(s)
- Se pueden asignar TLAs a ISP o IX
- Obsoleto por RFC3587: IPv6 Global Unicast Address Format



Dirección Global Unicast (RFC3587)

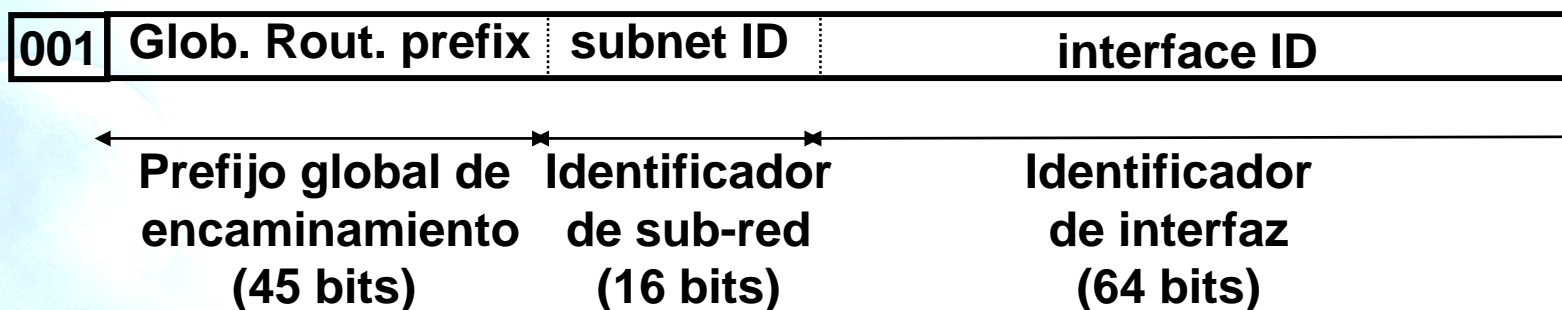


- El prefijo de encaminamiento global es un valor asignado a un zona (site), es decir, a un conjunto de sub-redes/links. Se ha diseñado para ser estructurado jerárquicamente por los RIRs e ISPs
- El ID de sub-red es un identificador de una subred dentro de un site. Se ha diseñado para ser estructurado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



Dirección Global Unicast para 6Bone

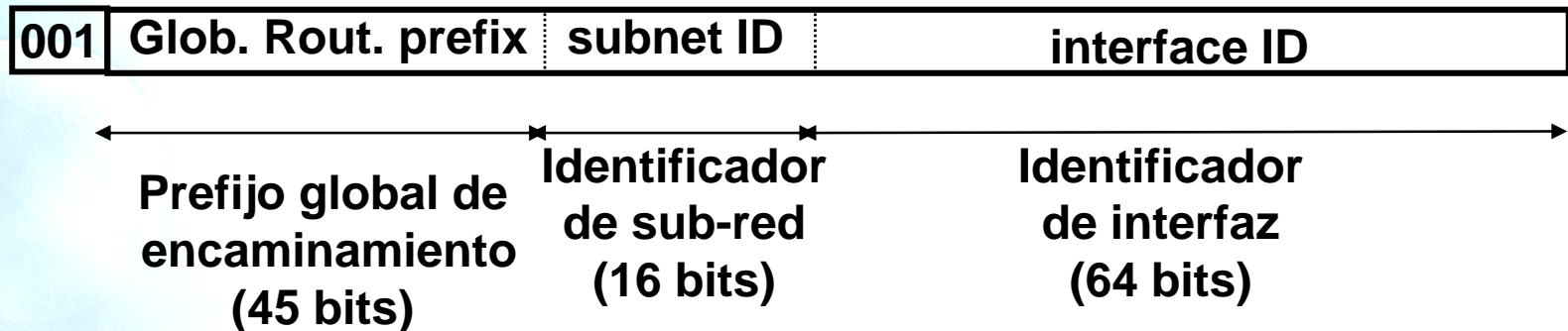
(obsoleto desde
06-06-2006)
(RFC3701)



- 6Bone: red IPv6 con fines únicamente experimentales
- 1FFE (hex) asignado a 6Bone
 - direcciones 6Bone empiezan con 3FFE:
 - (binario 001+ 1 1111 1111 1110)
- Los siguientes 12 bits representan un “pseudo-TLA” (pTLA)
 - cada pseudo-ISP de 6Bone toma un prefijo /24, /28, /32
- No se usa para servicios de producción IPv6



Dirección Global Unicast para Servicios de Producción

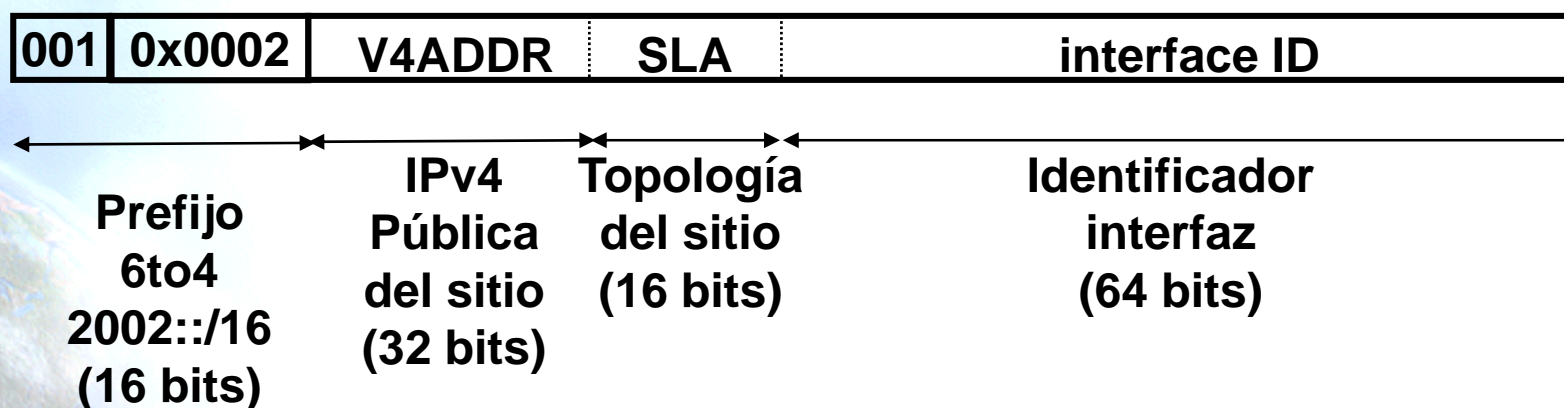


- Los ISPs normalmente toman prefijos /32
 - Las direcciones IPv6 de producción empiezan por **2001, 2003, 2400, 2800, etc.**
- Hasta /48 se estructura jerárquicamente por el ISP según el uso interno
- Desde /48 hasta /128 se delega a los usuarios
 - Recomendaciones para la delegación de direcciones (RFC3177)
 - /48 caso general, excepto para abonados grandes
 - /64 si se sabe que una y solo una única red es necesaria
 - /128 si es absolutamente seguro que se va a conectar uno y solo un dispositivo



Direcciones 6to4 (RFC3056)

- RFC3056: Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds
- Prefijo asignado **2002::/16**
- Para asignado a los sitios **2002:V4ADDR::/48**



Direcciones Link-Local y Site-Local

Las direcciones **link-local** se usan durante la autoconfiguración de los dispositivos y cuando no existen encaminadores (**FE80::/10**)

| | | |
|------------|---|--------------|
| 1111111010 | 0 | interface ID |
|------------|---|--------------|

Las direcciones **site-local** se usan para tener independencia del ISP y facilitar su cambio. Pueden usarse junto a direcciones globales o en exclusiva si no hay conectividad global (**FEC0::/10**) (**desaprobada en RFC3879**)

| | | | |
|------------|---|------|--------------|
| 1111111011 | 0 | SLA* | interface ID |
|------------|---|------|--------------|



Dirección Anycast

- Es un identificador de un conjunto de interfaces (normalmente en diferentes nodos).
- Un paquete enviado a una dirección anycast se entregará a una de las interfaces identificadas por esa dirección (la más cercana desde el punto de vista de los protocolos de encaminamiento)
- Se obtienen del espacio de direcciones unicast (de cualquier ámbito) y son **sintacticamente indistinguibles de las direcciones unicast.**
- Las direcciones anycast reservadas se definen en el RFC2526





3.3 Direcciones IPv6 Unique Local



Unique Local IPv6 Unicast Addresses - IPv6 ULA (RFC4193)

- Prefijo global con alta probabilidad de ser único
- Para comunicaciones locales, normalmente dentro de un “site”
- No son prefijos que vayan a ser encaminados en la Internet Global
- Son prefijos encaminables dentro de un área más limitada, como un determinado “site”
- Incluso podrían ser encaminados entre un conjunto limitado de “sites”
- Direcciones locales localmente asignadas
 - vs direcciones locales centralmente asignadas



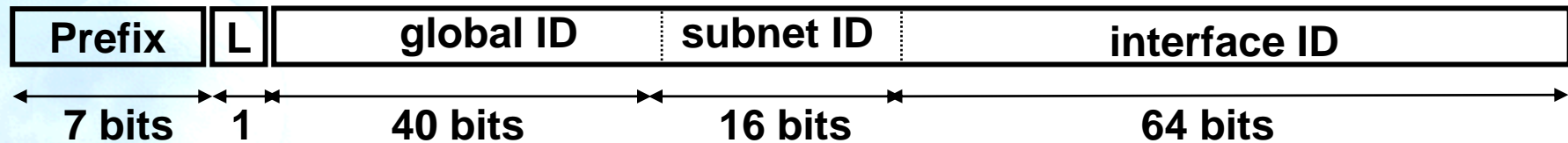
Características IPv6 ULA

- Prefijos “bien-conocidos” que facilitan su filtrado en las fronteras de los “sites”
- Son independientes del ISP y se pueden usar para comunicaciones dentro de un “site” que tiene conectividad a Internet intermitente o incluso no tiene
- Si el prefijo se extiende accidentalmente fuera del “site”, vía routing o DNS, no hay ningún conflicto con otras direcciones
- En la práctica, las aplicaciones pues tratar estas direcciones como direcciones de ámbito global



Formato IPv6 ULA

- Formato:



- FC00::/7 Prefijo indicativo de direcciones unicast IPv6 locales
- L = 1 se asigna localmente
- L = 0 Según el RFC4193 puede ser definido en el futuro. En la práctica se usa para especificar asignaciones centrales
- ULA se crea usando una asignación pseudo-aleatorio para el ID global
 - Esto asegura que no hay ninguna relación entre las asignaciones y deja claro que estos prefijos no son para ser encaminados globalmente



ULA Asignadas Centralmente

- La principal diferencia entre ambas asignaciones:
 - Las asignadas centralmente son direcciones únicas y la asignación se registra en una base de datos pública (para resolver disputas)
- Recomendación: “sites” que planeen hacer uso de ULA, usen prefijos asignados centralmente para evitar posibilidad de conflicto (no existe obligación, es una recomendación)
- El procedimiento de asignación para crear global-IDs en la asignación centralizada es configurando L=0, mientras que la asignación local es con L=1, según se define en RFC4193
- Más información sobre políticas en RIRs para asignaciones centralizadas
 - http://www.arin.net/meetings/minutes/ARIN_XVIII/ppm2_transcript.html#anchor_3
 - http://www.arin.net/meetings/minutes/ARIN_XIX/ppm1_notes.html





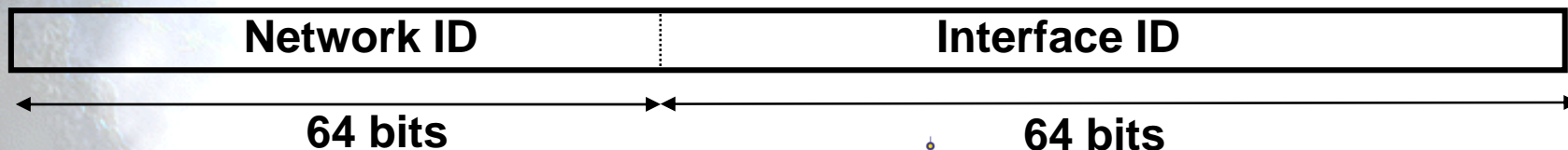
3.4 Identificadores de interfaz



Identificadores de Interfaz

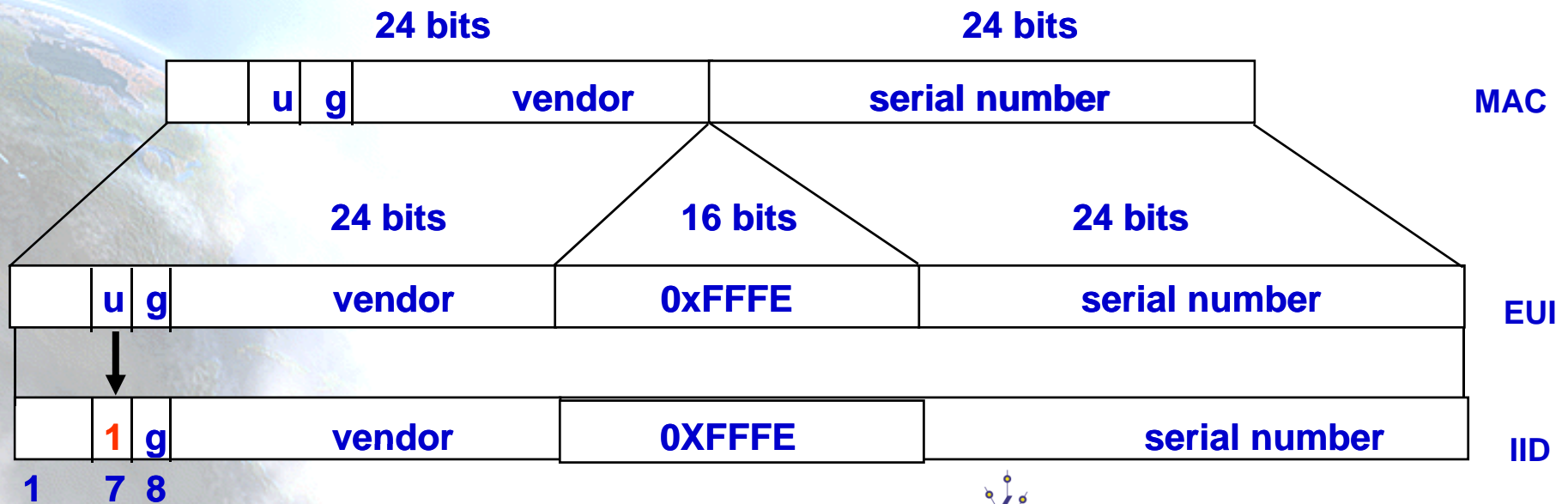
Los 64-bits de menor peso de las direcciones Unicast pueden ser asignados mediante diversos métodos:

- 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



EUI-64

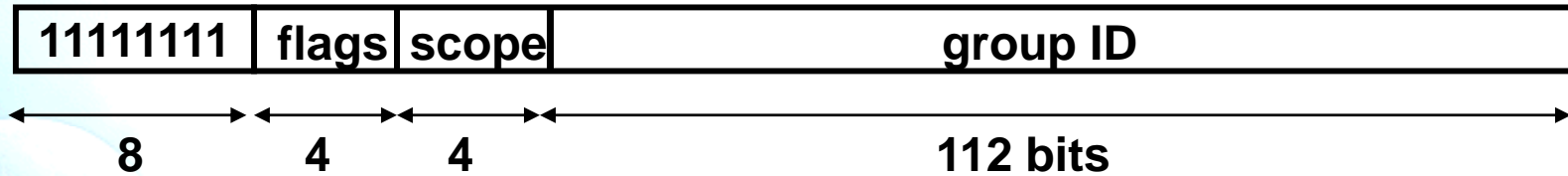
- IEEE define un mecanismo para crear una EUI-64 desde una dirección IEEE 802 MAC (Ethernet, FDDI)
- El IID se obtiene modificando el EUI-64 en el bit u (Universal). Se pone 1 para indicar alcance universal y 0 para indicar alcance local



3.5 Direcciones Multicast



Direcciones Multicast



- Flags: **ORPT**: El flag de más peso está reservado y debe inicializarse a 0
 - T: Asignación Transitoria, o no
 - P: Asignación basada, o no, en un prefijo de red
 - R: Dirección de un Rendezvous Point incrustada, o no
- Scope:
 - 1 - Interface-Local
 - 2 - link-local
 - 4 - admin-local
 - 5 - site-local
 - 8 - organization-local
 - E - global

(3,F reservados)(6,7,9,A,B,C,D sin asignar)



3.6 Otras consideraciones



Direcciones Obligatorias Nodo IPv6

- **Direcciones obligatorias en un Host IPv6:**

1. Dirección Link-Local para cada interfaz.
2. Cualquier otra dirección Unicast y Anycast adicional que se haya configurado en las interfaces del nodo (manual o automáticamente).
3. Dirección de loopback.
4. Direcciones multicast de todos-los-nodos (All-Nodes)(FF01::1, FF02::1).
5. Dirección multicast Solicited-Node para cada una de las direcciones unicast y anycast.
6. Direcciones Multicast de todos los grupos a los que el nodo pertenezca.

- **Direcciones obligatorias en un Router IPv6:
Host +:**

1. Direcciones Anycast Subnet-Router para todas las interfaces para las que este configurado que se comporte como un router.
2. Todas las demás direcciones Anycast que se hayan configurado en el router.
3. Direcciones multicast All-Routers (FF01::2, FF02::2, FF05::2).

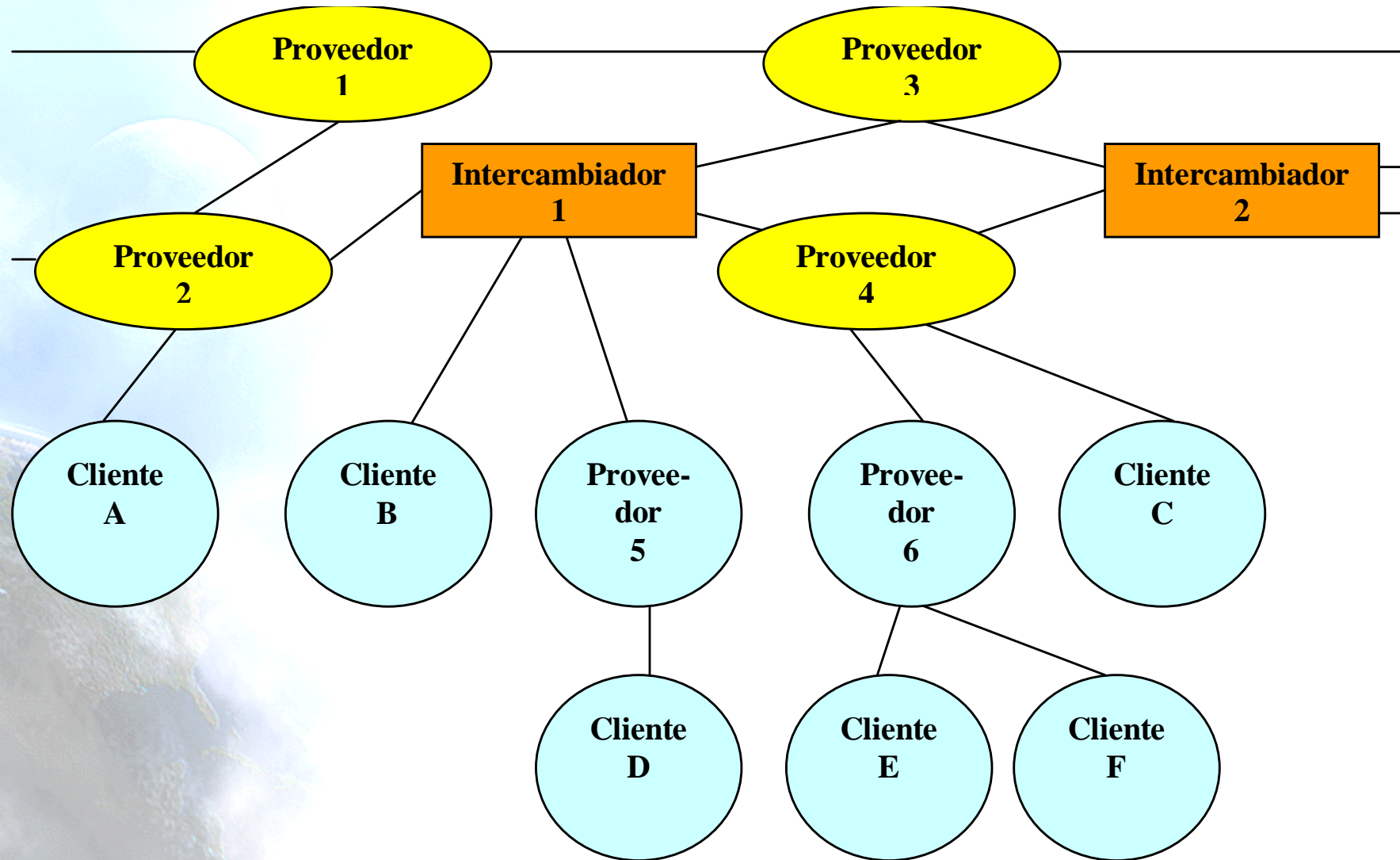


Agregación de Direcciones

- El formato de direcciones agregables ha sido diseñado para soportar proveedores de larga distancia, intercambiadores, proveedores de niveles inferiores, y Clientes
- A diferencia de lo que ocurre actualmente, los intercambiadores también pueden proporcionar direcciones públicas IPv6
 - Las organizaciones conectadas a dichos intercambiadores también recibirán servicios de conectividad, a través del intercambiador, o de uno o varios proveedores de larga distancia
- De esta forma, su direccionamiento es independiente de los proveedores de tráfico de larga distancia
 - Fácil cambiar de proveedor sin necesidad de reenumerar su organización. Este es uno de los objetivos de IPv6



Esquema de Agregación



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
 - Dicha asignación es para las diferentes redes y subredes existentes en una red operativa así como las planeadas a futuro
- 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
 - Posibilita crear hasta 2^{16} (65.536) subredes IPv6 de prefijo /64



Plan de Direccionamiento (2)

- La asignación de 65.536 posibles subredes IPv6 de prefijo /64 puede parecer “a priori” excesiva, sin embargo existen varias razones para ello
 1. El despliegue futuro de redes NGN facilitará la implementación de servicios nuevos como VoIP, IPTV, etc., cuya distribución puede requerir el uso de redes /64 específicas para cada usuario final
 2. Es previsible la llegada en los próximos años de nuevas aplicaciones y/o servicios, aun inimaginables, basadas en domótica, inteligencia ambiental, etc. que requieran un espacio de direccionamiento propio y separado del resto de tráfico, en la red del usuario final
 - Por ejemplo, podría ser necesario tener redes IPv6 /64 exclusivas para conectar electrodomésticos de la cocina, otra red diferente para sensores de presencia ubicados en las habitaciones del usuario, otra red para dispositivos de seguridad como detectores de humo, gas, etc.



Plan de Direccionamiento (3)

- Para numerar enlaces y asignar prefijos de los usuarios existen dos aproximaciones:
 - Usar un pool de direcciones específico para numerar los enlaces nativos IPv6 punto-a-punto o túneles de IPv6 sobre IPv4 entre el CPE del usuario y el router/BRAS del proveedor. Y usar otro pool de direcciones para asignaciones de /48 a los usuarios finales.
 - Este es el método más tradicional.
 - La otra aproximación, que busca facilitar la numeración y asignación, es la de utilizar el primer /64 del prefijo /48 reservado a cada usuario final (GPRS/3G, doméstico, empresa, ISP, etc.) cuando sea necesario numerar el enlace punto-a-punto entre el CPE y el router/BRAS del proveedor (draft-palet-v6ops-point2point). De esta forma se simplifica el coste de operación y se facilita una estructura plana en el espacio de direccionamiento



Plan de Direccionamiento (4)

- 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
- Existen dos aproximaciones para la distribución de direcciones: por servicios o geográfica. No son excluyentes.



Plan de Direccionamiento (5)

- Las subredes consideradas en el plan de direccionamiento IPv6 podrían incluir
 - Internet/Encaminamiento Interdominio BGP.
 - Red troncal/Encaminamiento Intradominio OSPF.
 - Red de gestión/supervisión.
 - Servicios básicos de red: DNS, NTP, etc.
 - Web Caches.
 - Intranet Corporativa.
 - Acceso interno (VPNs, etc.).
 - WiFi externa.
 - Enlaces GPRS.
 - Red movilidad.
 - Data Center.
 - Transición IPv6 (túneles, etc.).
 - Clientes finales/ISPs.
 - Usuarios domésticos con acceso RAS.
 - Usuarios domésticos con acceso ADSL-FTTH.
 - Usuarios telefonía GPRS/3G.



Plan de Direccionamiento (6)

- A continuación se presenta un ejemplo de plan de direccionamiento inicial basado en un prefijo /32
- Con este prefijo /32 y los criterios anteriormente descritos se tiene capacidad de proporcionar prefijos /48 a más de 50 000 usuarios de manera simultánea
- Partiendo del prefijo 32 se forman varios grupos diferentes de los 64 posibles prefijos /38 para las diferentes subredes consideradas, atendiendo a los siguientes criterios
 - Grupos de redes que sean independientes de otras
 - Grupos de redes que tengan similitudes en cuanto a su topología
 - Grupos de prefijos /38 libres para proporcionar flexibilidad al plan y posibilitar crecimientos inmediatos



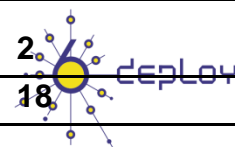
Plan de Direccionamiento (7)

- Un ejemplo típico podría incluir 6 grupos de prefijos /38
 1. Red troncales y redes internas
 - Encaminamiento
 - Servicios básico
 - Redes internas
 - WiFi
 - Enlaces
 - Movilidad
 - Data Center
 2. Túneles
 3. Clientes corporativos e ISPs
 4. Usuarios residenciales (ADSL-FTTH)
 5. GPRS/3G
 6. Prefijos Libres



Plan de Direccionamiento (8)

| # | 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 | |



Gracias !!

Contacto:

- Cesar Olvera (Consulintel): cesar.olvera@consulintel.es
- Alvaro Vives (Consulintel): alvaro.vives@consulintel.es

6DEPLOY Project: <http://www.6deploy.org>

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

