

# ***Encaminamiento en Redes IPv6***

David Fernández ([david@dit.upm.es](mailto:david@dit.upm.es))

Dpto. Ingeniería de Sistemas Telemáticos

Universidad Politécnica de Madrid

# Contenido

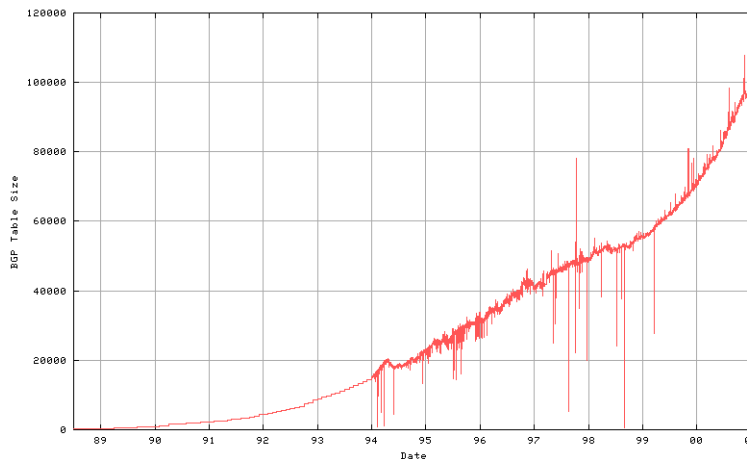
---

- ◆ Encaminamiento Unicast en IPv6
- ◆ Cabecera de Encaminamiento (Routing Header)
- ◆ Multihoming
- ◆ Renumeración de Redes
- ◆ Protocolos de Encaminamiento Dinámico

# Encaminamiento en IPv4

## ◆ Problemas:

- Escasez de Direcciones
- Tamaño de las Tablas de Encaminamiento



Evolución Tamaño Tablas BGP

= { **Alto Consumo Recursos:**

- CPU
- Memoria
- Ancho de banda

◆ **CIDR** ha permitido superar la primera gran crisis, pero, ¿será capaz de absorber el crecimiento de los próximos años (móviles, ADSL, etc)?

◆ La respuesta es..... **IPv6!!**

# Encaminamiento en IPv6

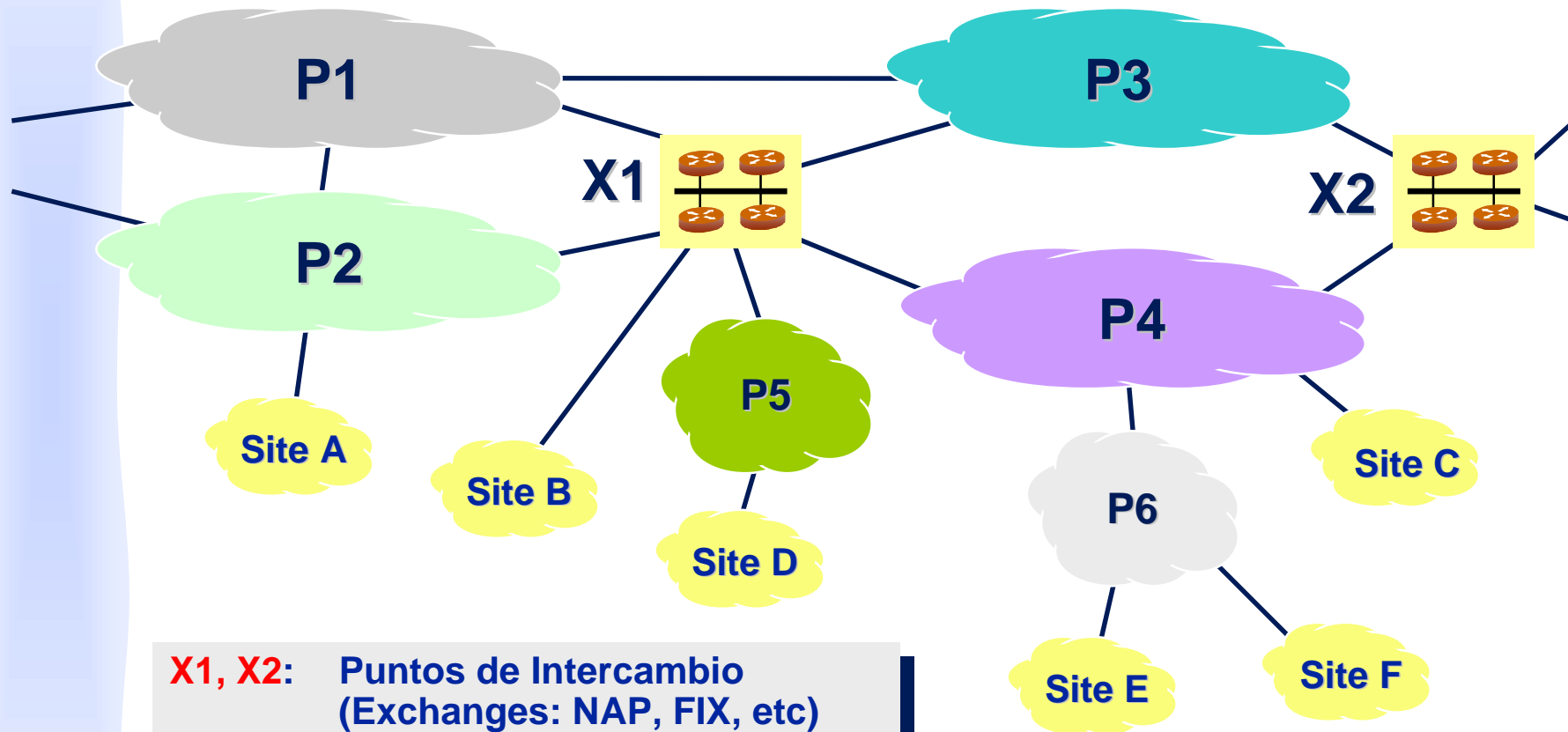
## ◆ Resumen características:

- Similar al encaminamiento IPv4 con CIDR, pero con la flexibilidad que dan las direcciones de 128 bits.
- Mínimas modificaciones a los protocolos de encaminamiento actuales (OSPF, IDRP, RIP, ISIS, BGP) para funcionar con IPv6 (formatos).
- Opción de encaminamiento fijado en origen muy mejorada (Routing Header). Utilizada para:
  - + Selección de Proveedores
  - + Movilidad
  - + ...

# Modelo de Encaminamiento

- ◆ Definido en RFC 2374 (An IPv6 Aggregatable Global Unicast Address Format)
- ◆ Completamente jerárquico con tres niveles:
  - **Topología pública**: proveedores y *puntos de intercambio* (*exchanges*) que ofrecen servicios de transito Internet.
  - **Topología de sitio**: topología local a un sitio que no ofrece servicio a nodos exteriores a su organización
  - **Identificador de interfaz**: identificador único asignado a cada interfaz conectado a Internet.
- ◆ Objetivo principal: **ESCALABILIDAD**
- ◆ Prefijo 2000::/3 (Direcciones 2XXX:... Y 3XXX:...)

# Topología Pública



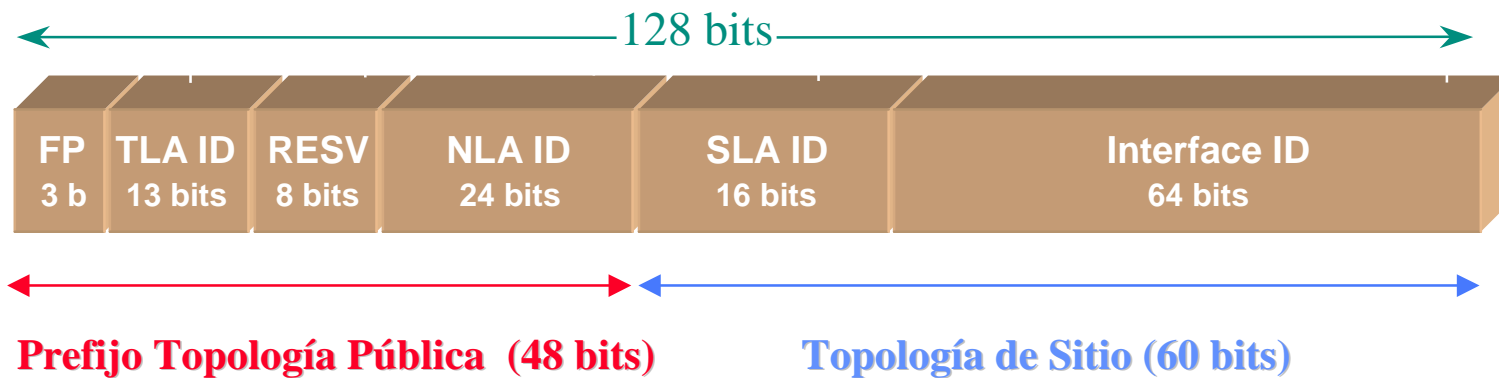
**X1, X2:** Puntos de Intercambio  
(Exchanges: NAP, FIX, etc)

**P1, P2, P3, P4:** Proveedores de larga  
distancia

**P5, P6:** Proveedores

# Direcciones Unicast

- ◆ Direcciones Unicast Globales y Agregables (RFC 2374):



FP	Format Prefix (001)
TLA ID	Top-Level Aggregation Identifier
RESV	Reservado (para ampliar TLA o NLA)
NLA ID	Next-Level Aggregation Identifier
SLA ID	Site-Level Aggregation Identifier
Interface ID	Interface Identifier (EUI-64)

# Características Identificadores

- ◆ TLA Id: Top Level Aggregator Identifier
  - Proveedores principales
  - Los routers “default free” deben tener una entrada por cada TLA activo más otras para optimizar
  - Capacidad para 8192 TLAs (ampliable)
- ◆ NLA Id: Next Level Aggregator Identifier
  - Utilizado por los proveedores para crear una jerarquía y para designar sitios
  - Típicamente:
  - 24 bits ≈ tantas organizaciones como soporta IPv4
- ◆ SLA Id: Site Level Aggregator Identifier
  - Utilizado por los distintos sitios para crear su propia jerarquía de direcciones e identificar subredes



# *Asignación TLAs y NLAs: Recomendaciones*

---

- ◆ Definidas en:
  - RFC 2450: Proposed TLA and NLA Assignment Rules
  - Documentos específicos de ARIN, RIPE NCC, etc
- ◆ Asignar TLAs solamente a proveedores de tránsito, no a sitios (incluso si son multihomed)
- ◆ Asignar TLAs a organizaciones que se comprometan a proporcionar servicios de tráfico en 3 meses
- ◆ Los TLAs asignados deben ser conocidos públicamente
- ◆ Procedimiento de asignación de TLAs:
  - Asignación temporal de un sub-TLA
  - Asignación definitiva de TLA cuando el proveedor demuestre que ofrece servicios de tránsito IPv6

# Resumen Modelo Encaminamiento

---

- ◆ Modelo jerárquico: las direcciones dependen estrictamente de la topología de la red.
- ◆ Dos tipos de **Agregaciones**:
  - **Por Proveedor**: direcciones asignadas del rango de cada proveedor.
  - **Por Punto de Intercambio (Exchange)**: las direcciones dependen del punto al que nos conectamos
- ◆ Consecuencia: Si cambiamos de proveedor o de exchange, es necesario **RENUMERAR** la red. (Si el proveedor de nuestro proveedor cambia también deberemos reenumerar).

# *Puntos de Intercambio IPv6*

---

- ◆ **6TAP**: IPv6 Transit Access Point (Chicago)
  - Esnet, Viagenie, CANARI E
  - Info en: [www.6tap.net](http://www.6tap.net)
- ◆ **AMSIX**: Amsterdam Internet Exchange
  - Info en: [www.ams-ix.net](http://www.ams-ix.net)
- ◆ **NSPIX-6**: IPv6 Internet Exchange in Tokio
  - WIDE project
  - Info en: [www.wide.ad.jp/nspixp6](http://www.wide.ad.jp/nspixp6)

# Cabecera de Encaminamiento

- ◆ Permite realizar **encaminamiento fijado en origen**:
  - El sistema origen de un datagrama puede especificar una lista de direcciones IP a visitar en el camino hacia el destino
- ◆ Muy similar a la opción **Loose Source Route** de IPv4...
- ◆ ...pero sin sus importantes limitaciones (tamaño de cabeceras, etc)
- ◆ Principales aplicaciones:
  - Selección de proveedores (direcciones anycast)
  - Movilidad

# Cabecera de Encaminamiento

## ◆ Formato:



## ◆ Diferencias con respecto a IPv4:

- A cada salto se sustituye la dirección destino por la siguiente dirección de la lista.
- Las respuestas deben incluir una cabecera con las direcciones originales en orden inverso.
- Opción **strict/loose** mejorada. Se puede definir para cada salto.

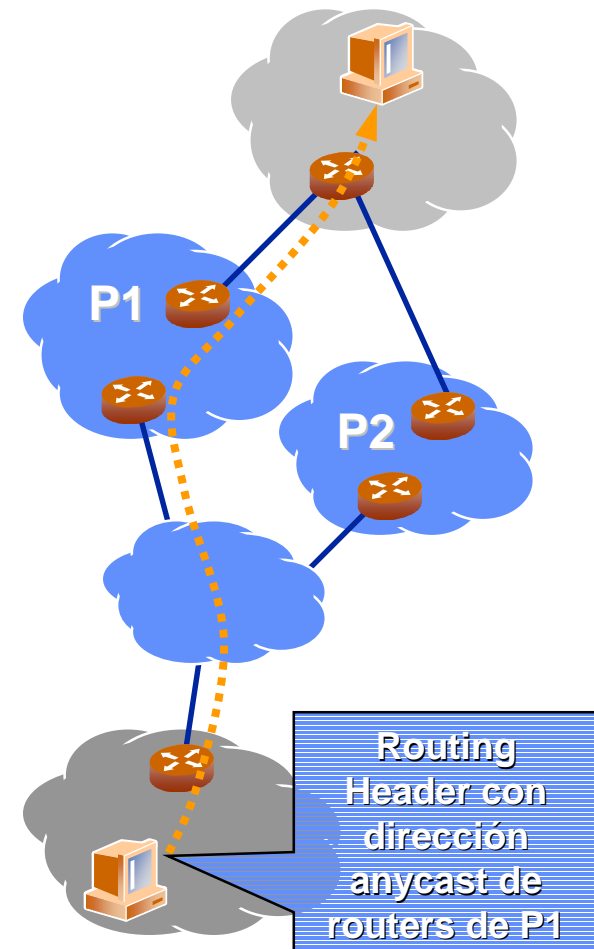
# Direcciones Anycast

## ◆ Características:

- Son direcciones *unicast* asignadas a varios interfaces (de diferentes nodos normalmente)
- Un paquete enviado a una dir. *anycast* **llega al interfaz más cercano**
- Son direcciones **experimentales**.
- Único uso recomendado: asignación a routers para permitir **Selección de Proveedores**

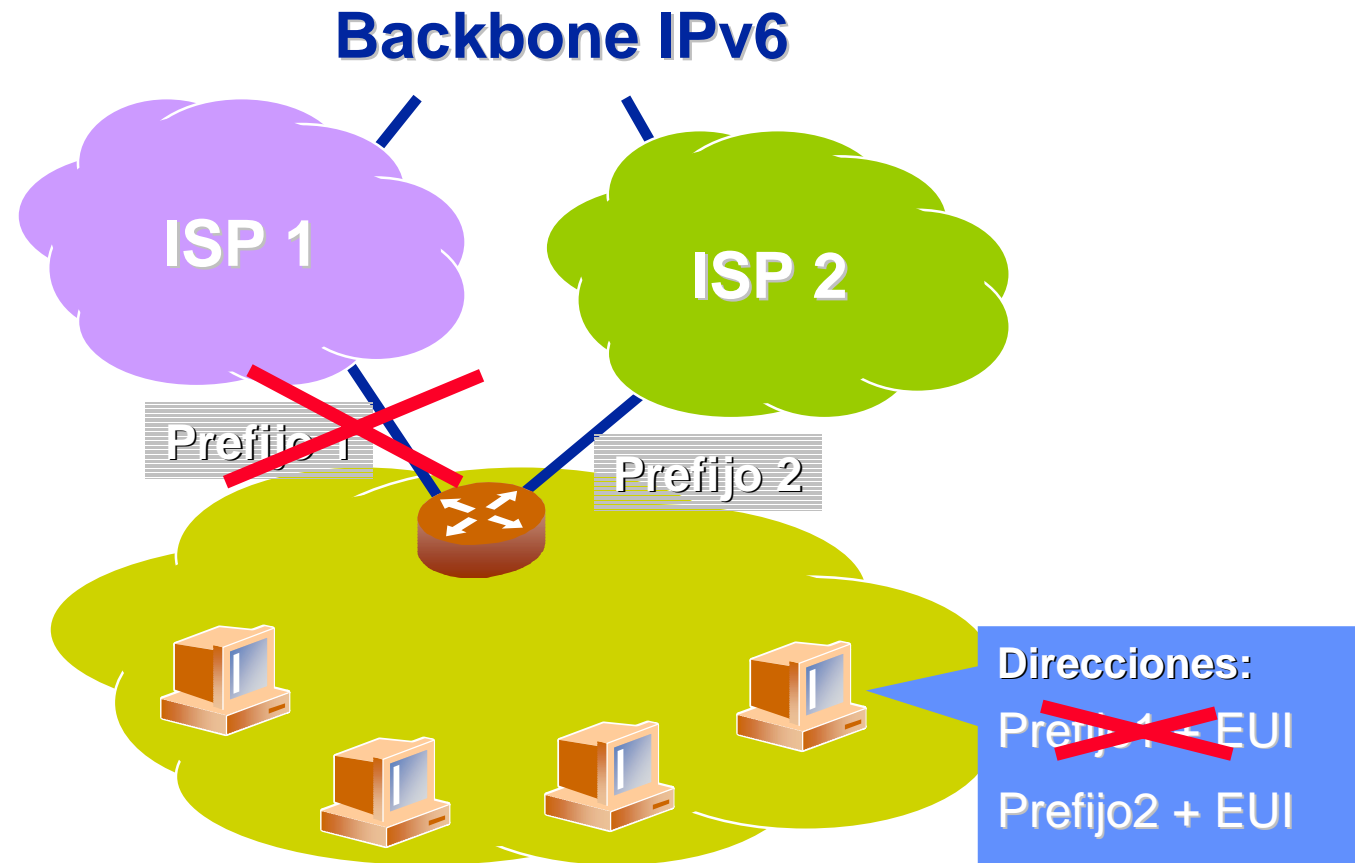
Prefijo de subred (n bits) | 000000 (128-n bits)

**Subnet Router Anycast Address**



# Renumerado de Redes IPv6

- ◆ Escenario Típico: Cambio de proveedor (I SP)



# Técnicas de Renumerado en IPv6

## ◆ Hosts:

- Anuncio de nuevo prefijo por parte de los routers (usando RA), o
- Mediante DHCP (DHCPv6 incluye una extensión para desaprobar direcciones)

## ◆ Routers:

- Protocolo para renumerar los routers de una red.
- Utiliza un nuevo mensaje ICMPv6
- RFC 2894: Router Renumbering for IPv6

## ◆ DNS:

- A6 records. Compuestos por:
  - ✚ Un identificador de interfaz
  - ✚ Una referencia a un prefijo
- Sólo es necesario cambiar el "record" prefijo al renumerar



# Renumerado de Routers

- ◆ Basado en el envío de paquetes con comandos de renumerado (*Prefix Control Operations, PCO*)
- ◆ Cada comando incluye:
  - *Código de Operación* (ADD, CHANGE, SET-GLOBAL)
  - Un *Match-Prefix*
  - Cero o más *Use-Prefixes*
- ◆ Un router procesa cada PCO y aplica la operación a cada uno de los interfaces que coinciden con el *Match-Prefix*

# Operaciones Renumerado

- ◆ ADD:
  - Añadir los *Use-Prefixes* a la lista de prefijos configurados
- ◆ CHANGE:
  - Reemplazar el *Match-Prefix* por los *Use-Prefixes*
- ◆ SET-GLOBAL:
  - Reemplazar todos los prefijos globales por los *Use-Prefixes*
- ◆ Si la lista de *Use-Prefixes* está vacía, ADD no hace nada y CHANGE/SET-GLOBAL sirven para borrar prefijos.

# *Protocolo Renumerado*

---

- ◆ Otras características
  - Garantiza la fiabilidad
  - Permite conservar algunos bits de los prefijos en las sustituciones (único PCO para todos los routers de la red)
  - Mensajes autenticados y con garantía de integridad.
  - Mecanismos para evitar ataques del tipo Replay
  - Opción de test para probar o simular renumerado
  - Puede utilizar multicast

# Ejemplo Renumerado

- Cambio de prefijo global manteniendo la estructura de subredes:

## IPv6 Header:

Next Header = 58 (ICMPv6)  
Source Address = (Management Station)  
Destination Address = FF05::2 (All Routers, site-local scope)

## ICMPv6/RR Hdr:

Type = 138 (Router Renumbering), Code = 0 (Command)  
Flags = 60 hex (R, A)

## PCO:

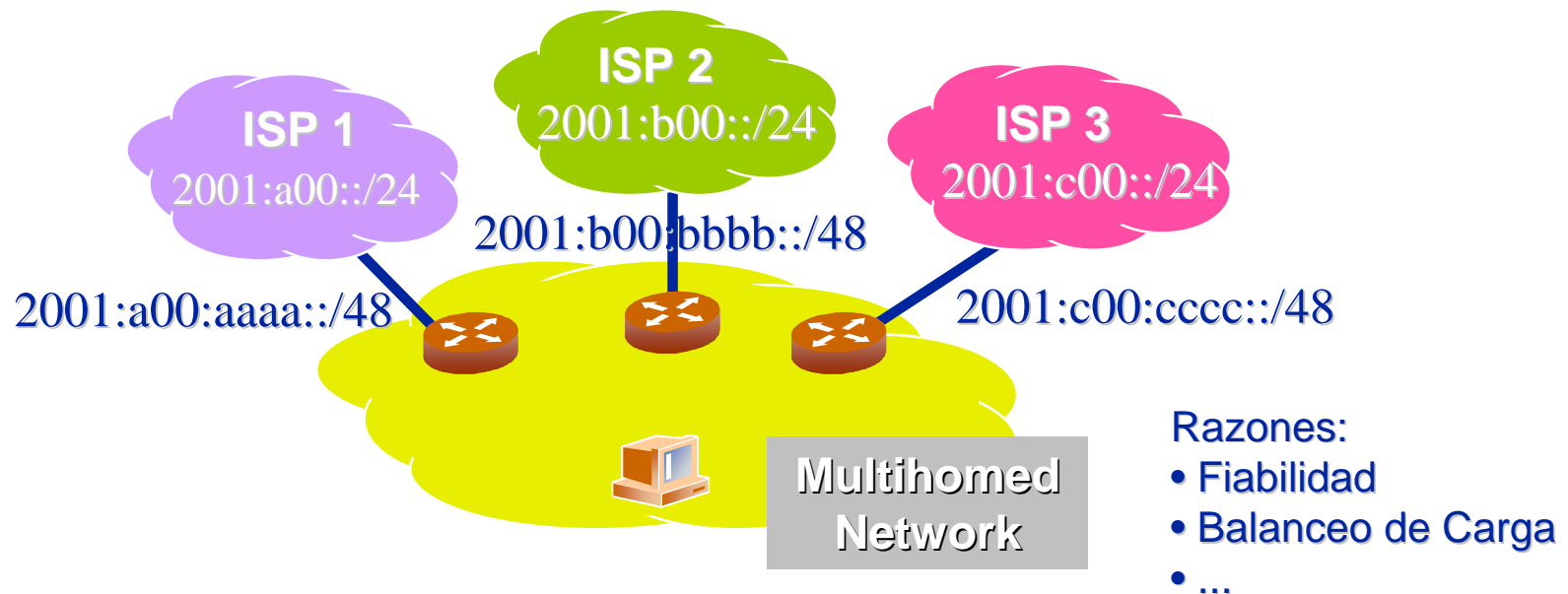
Match-Prefix Part  
OpCode = 3 (SET-GLOBAL)  
OpLength = 7  
Ordinal = 0 (arbitrary)  
MatchLen = 10  
MatchPrefix = FEC0::0  
UseLen = 48 (Length of TLA ID + RES + NLA ID)  
KeepLen = 16 (Length of SLA (subnet) ID)  
FlagMask, RAFlags, Lifetimes, V & P flags -- as desired  
UsePrefix = First global /48 prefix

## Use-Prefix:

*dit*  
UPM

# Multihoming

- ◆ **"Multihomed site"**: Sitio conectada a varios proveedores (I SPs) simultáneamente.



- ◆ **Problema**: el modelo de encaminamiento de IPv6 impide anunciar prefijos de un ISP a través de la conexión con otro.

# ***Multihoming en IPv6***

---

- ◆ Está siendo estudiado y definido por IETF
- ◆ Técnicas básicas:
  - Múltiples direcciones globales por host (una por cada ISP). Los routers anuncian todos los prefijos.
  - Cada router frontera anuncia a cada ISP su prefijo.
  - Necesidad de selección de direcciones origen.

# ***Multihoming en IPv6***

---

- ◆ Documentos en marcha:
  - Default Address Selections for IPv6
  - IPv6 Multi-homing with Route Aggregation
  - Multi-homed Routing Domain Issues for IPv6

# Protocolos de Encaminamiento Dinámico en IPv6

- ◆ En general, modificaciones mínimas a los protocolos existentes:
  - Adaptación a nuevo formato de direcciones
  - Utilización de *encaminamiento integrado* (soporte simultáneo para IPv4 e IPv6)
  
- ◆ RIPng (RFC 2080)
  - Mínimas modificaciones a RIP original
  - IGP utilizado en redes locales pequeñas y estáticas
  - Basado en vector de distancia (problemas de convergencia)
  - Múltiples implementaciones: GateD, MRTd, Kame route6d, Zebra, CISCO



# Protocolos de Encaminamiento Dinámico en IPv6 (II)

- ◆ OSPF para IPv6 (RFC 2740)
  - IGP recomendado por IETF:
    - + Basado en estado de enlaces: convergencia rápida
    - + División en Áreas: gran escalabilidad
  - Mínimos cambios:
    - + Formatos en direcciones, prefijos, ids., etc
    - + Autenticación eliminada (utiliza la de IPv6)
  - No usa encaminamiento integrado: *"Ships in the night"*
  - Múltiples implementaciones: Ericsson-Telebit, IBM, Zebra, Gated, MRTd, CISCO, etc.

# Protocolos de Encaminamiento Dinámico en IPv6 (III)

- ◆ Encaminamiento Inter-Dominio: BGP4+
  - Empleado entre ISPs y entre ISPs y grandes corporaciones
  - Modificaciones:
    - ✦ RFC 2858 define extensiones multiprotocolo (IPv6, IPX, etc) a BGP-4. Compatibilidad con BGP-4
    - ✦ RFC 2545 define como utilizar las extensiones para IPv6 (Ámbitos, Next Hop, etc)
  - Utilizado en 6BONE y en los puntos de interconexión IPv6 en funcionamiento
  - Múltiples implementaciones: GateD, MRTd, Kame BGPd, Zebra, CISCO, etc

# Referencias

---

- ◆ RFC 1887. An Architecture for IPv6 Unicast Address Allocation
- ◆ RFC 2374. An IPv6 Aggregatable Global Unicast Address Format
- ◆ RFC 1884. IP Version 6 Addressing Architecture. draft-ietf-ipngwg-addr-arch-v3-02.txt.
- ◆ RFC 2450. Proposed TLA and NLA Assignment Rules
- ◆ RFC 2894. Router Renumbering for IPv6
- ◆ RFC 2928. Initial IPv6 Sub-TLA ID Assignments
- ◆ RFC 2858. Multiprotocol Extensions for BGP-4
- ◆ RFC 2545. Use of BGP-4 Multiprotocol Extensions for IPv6 Inter-Domain Routing
- ◆ RFC 2740. OSPF for IPv6
- ◆ RFC 2080. RIPng for IPv6

## *Referencias (II)*

---

- ◆ I Pv6 Multihoming with Route Aggregation.  
draft-ietf-ipngwg-ipv6multihome-with-aggr-01.txt
- ◆ I Pv6 multihoming support at site exit routers.  
draft-ietf-ipngwg-ipv6-2260-00.txt
- ◆ Default Address Selections for I Pv6 (draft-ietf-ipngwg-default-addr-select-00.txt).
- ◆ Multi-homed Routing Domain Issues for I Pv6 (draft-ietf-ipngwg-multi-isp-00.txt).