

## TOPIC 3: Intra-domain Routing (OSPF)

**Pregunta 1. Explica la diferencia entre las funcionalidades del plano de control y el plano de forwarding en un router y menciona 3 ejemplos de funciones que se encuentren en cada uno de dichos planos.**

El plano de control contiene cualquier protocolo o algoritmo que dibuje mapas de topologías de red. Contiene funcionalidades para que un datagrama pueda transmitirse, como los protocolos de encaminamiento (RIP, BGPv4, OSPF), protocolos de señalización o funciones de control de admisión.

El plano de transmisión es la parte del router que decide qué hacer con los datos entrantes, generalmente, la manipulación de los datagramas. Básicamente, tiene funciones como forwarding, scheduling (FIFO, WFQ) o la clasificación de paquetes.

**Pregunta 2. Identifica 3 diferencias entre el encaminamiento intra-domain y el encaminamiento inter-domain.**

El encaminamiento intra-domain es el enrutamiento que no sale del dominio (routers internos del dominio), se aplican algoritmos de coste mínimo (como Dijkstra) con la ayuda del uso de la métrica. También se puede aplicar la sumarización.

Por otro lado, en el encaminamiento inter-domain, propaga rutas entre distintos dominios usando algoritmos de decisión. Aquí se puede aplicar tanto la sumarización como la agregación.

**Pregunta 3. Identifica 3 características que permitan diseñar de forma general un protocolo de encaminamiento.**

- El formato y contenido de los paquetes de enrutamiento intercambiados entre routers y cómo se realiza este intercambio (unicast, broadcast, multicast, ...).
- La periodicidad con la que se intercambian los paquetes.
- Algoritmos asociados que permiten calcular el mejor camino hacia destino y, por lo tanto, permite decidir la interfaz de salida (por ejemplo, algoritmos de mínimo coste o de decisión).

**Pregunta 4. ¿Qué es una red principal ("major network")? ¿Qué diferencia hay entre sumarización y agregación?**

La red principal es la clase (A, B, C) de una red IP. En la A va de 0/8 - 127/8, en la B va de 128.0/16 - 191.255/16, en la C va de 192.0.0/24 - 223.255.255/24.

Agregar es unir dos redes IP contiguas formando una con NET-ID, por ejemplo las redes 143.56.78.0/25 y 143.56.78.128/25 agregadas sería 143.56.78.0/24.

En cambio, sumarizar es ir hasta la clase (red principal), por ejemplo al tener la red 143.56.78.0/25, al ser sumariada sería 143.56.0.0/16 (clase B).

**Pregunta 5. Explica brevemente el algoritmo de búsqueda en una tabla de encaminamiento.**

Se usa el algoritmo de Patricia Tree, que es logarítmico, donde un nodo se guarda toda la información y organiza las direcciones de red en forma de árbol ordenándolas por direcciones IP y sumariizándolas (ramas), por tal de por ejemplo empezar por un /8 y acabar con un /24.

**Pregunta 6. a) Explica qué función y cómo funciona el mecanismo de flooding en un protocolo Link State.**

Se envían LSAs a todos los vecinos y estos a los suyos, recursivamente para mantener el estado de conexión. Para evitar bucles (explosión del número de mensajes), tenemos dos mecanismos: número de secuencia y age (timestamp) -> si es menor que un tiempo de vida es copia, si es mayor es update.

**b) ¿Cómo se realiza el flooding en una red OSPF con un único área?,**

En cada red BMA (Broadcast Multi-Access) o NBMA (Non BMA) se escoge un DR (Designated Router) y un BDR (Back-up DR) que se encargan de sincronizar la base de datos y de realizar el flooding en esa red BMA/NBMA.

**c) ¿Cómo se realiza el flooding en una red OSPF multi-área?**

Si fuera entre áreas se usaría también el ABR (Area Border Router), un router que tiene interfaces de múltiples áreas y así se podrían conectar las áreas.

**Pregunta 7. ¿Qué es la convergencia en un protocolo de encaminamiento? Menciona al menos 3 parámetros que pueden impactar en dicha convergencia. Indica que órdenes de magnitud (y justifica dichos órdenes) tiene la convergencia en los protocolos RIP, OSPF y BGP.**

Es el tiempo que se tarda para que todos los routers dentro del dominio tengan la misma información, que bajo cambios topológicos, estos routers deben volver a calcular las rutas y actualizar las tablas de enrutamiento.

Pueden tener influencia la topología de los routers, la capacidad de los enlaces o el número de routers que hay en la red, entre otros.

En RIP suele ser en segundos, en OSPF en cuestión de milisegundos y en BGP puede llegar a minutos.

\* OSPF < RIP < STP < BGP

milisegundos, segundos, llegar a min, llegar a mins

**Pregunta 8. Define el concepto de convergencia en STP. ¿Qué factores influyen en la convergencia del STP? Menciona los órdenes de magnitud (y justifica dichos ordenes) en OSPF, BGP y STP.**

La convergencia en STP es el tiempo que se tarda en elegir un Root Bridge, los Root Ports y los Designated Ports

En OSPF en cuestión de milisegundos, en BGP puede llegar a minutos y en STP suele ser en menos de un minuto.

**Pregunta 9. Explica cuál es la diferencia entre un protocolo por vector de distancia y un protocolo por estado del enlace. Y entre un protocolo “Classless” y otro “Classful”. Menciona un protocolo que sea vector de distancia y classless, vector de distancia y classful, estado de enlace y classless, estado de enlace y classful.**

Los protocolos por estado de enlace, son aquellos que reaccionan a cambios en el estado del link (up/down), enviando información de conexión, a diferencia de los de vector de distancia, que envían la distancia actual hasta el nodo.

Los “classless” son aquellos protocolos que anuncian máscaras, que admiten subnetting, como RIPv2, OSPF o BGP. En cambio, los “classful” no anuncian máscaras ni permiten hacer subnetting, como los casos de RIPv1 e IGRP.

Vector de distancia + classless -> RIPv2

Vector de distancia + classful -> RIPv1

Estado de enlace + classless -> OSPF

Estado de enlace + classful -> no encuentro ninguno

**Pregunta 10. Indica las 3 características principales que definan el funcionamiento de un protocolo de estado de enlace, no necesariamente OSPF. (LINK STATE)**

- Descubrimiento de los vecinos (como HELLO).
- Cada nodo aprende la topología de la red mediante flooding y rellena una bd.
- Aplicación de un algoritmo de mínimo coste (dijkstra) para calcular el camino óptimo.

**Pregunta 11. Indica las 4 características principales que definen el funcionamiento de OSPF.**

- Descubrimiento de los vecinos mediante el protocolo HELLO.
- Flooding con LSAs mediante DR/BDR.
- Mantenimiento de una bd con la topología de la red en cada router con diferentes tipos de información
- Aplicación de un algoritmo de mínimo coste (dijkstra) para calcular el camino óptimo.

**Pregunta 12. ¿Cuáles son las funcionalidades del protocolo de HELLO en OSPF?**

- Testea si las líneas vecinas siguen operativas y puedan intercambiar paquetes (saber si el link está up o down).
- Se manda cada 10 segundos con dirección multicast 224.0.0.5 (all-ospf-routers).
- Si se pierden 4 paquetes consecutivos (40 s) se considera que se ha perdido el enlace.
- Inicia la selección de DR y BDR.

**Pregunta 13. ¿Para qué sirven las direcciones multicast 224.0.0.5 y 224.0.0.6?**

224.0.0.5 -> para mandar un mensaje a todos los OSPF routers.

224.0.0.6 -> para mandar un mensaje a todos los DR/BDR routers.

**Pregunta 14. Explica para qué sirve y porqué se usan un DR y un BDR en OSPF. Explica cómo se eligen el DR y el BDR. ¿Cómo podemos forzar que una interfaz no sea elegida como DR o BDR? ¿Cómo participan los DR cuando cae un enlace en una red OSPF?**

El principal objetivo del DR es minimizar la cantidad de flooding (forwarding) y el mecanismo de sincronización de DBs centralizando el intercambio de información. En caso de que caiga el DR, el BDR se haría cargo y sería el DR, sino no hace nada.

Se eligen con el protocolo de Hello, donde es elegido como DR el que tenga mayor nivel de prioridad (1 prioridad máxima), y BDR el segundo. Y la prioridad se elige con el RID, que es la mayor dirección IP entre los IPs de los routers activos. Para forzar que una interfaz no sea DR ni BDR tendremos que poner prioridad = 0. Cualquier router que no sea DR ni BDR es DROTHER.

Si se cae un enlace los DR son los encargados de mandar LSAs para que se pueda converger.

**Pregunta 15. ¿Cuál es la utilidad de tener una arquitectura multi-área en OSPF? Da una justificación desde el punto de vista de eficiencia en la convergencia de la red y otra desde el punto de vista de negocio de un ISP. Identifica los tipos de routers que aparecen en una red multi-área OSPF y qué función tienen.**

Asumiendo que tenemos una red muy grande, se habrá que enviar muchos LSAs, calcular mucho Dijkstra y tendremos una bd y unas tablas de encaminamiento muy grandes. La solución sería tener una jerarquía de enrutamiento usando muchas áreas, cada área con sus routers y redes en un mismo AS y un mismo OSPF.

Desde el pov convergencia:

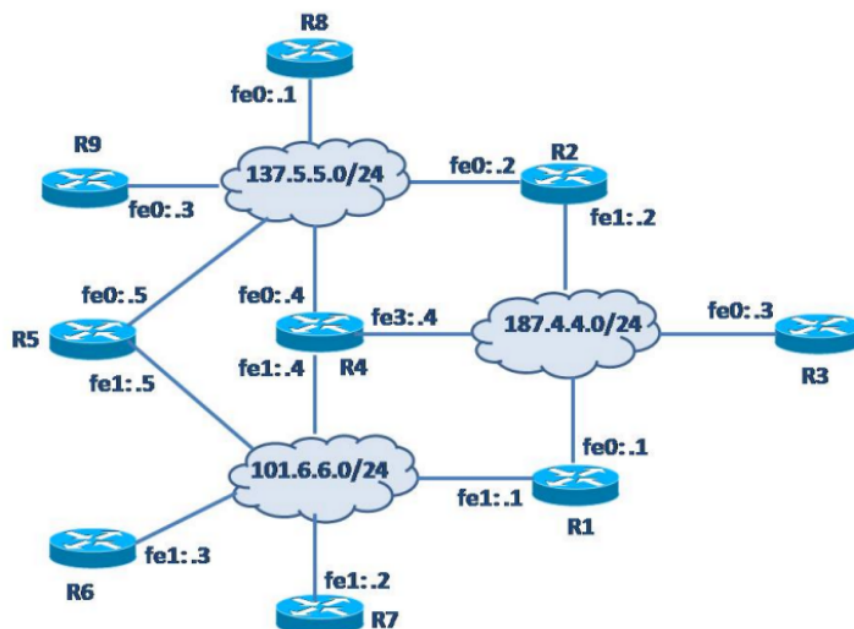
- La escalabilidad: dijkstra sería más eficiente ya que el grafo (bd) es más pequeño.
- Tiempo de convergencia más bajo.
- Probabilidad de fallos al tener que volver a calcular todo en caso de falla se hace más rápido también.

Desde el pov negocio de ISP:

- te permite organizar un negocio flexible, modular, robusto.

- Internal Router: router con todas las interfaces del mismo área, solo mantiene 1 bd.
- Backbone router: router de todas las interfaces del área 0, que hace de backbone, mantiene solo una bd.
- Area Border Router (ABR): router con interfaces de múltiples áreas, tiene una bd por cada área, y puede sumarizar información del área y distribuirla a cada área usando el área de backbone. Cuando recibe información de un área, calcula los caminos hacia ese área.
- Autonomous System Boundary Router (ASBR): router con una interfaz hacia otro AS, puede mantener tantas bds como interfaces en diferentes áreas como un ABR.

**Pregunta 16.** Tenemos un dominio OSPF como muestra la figura. Definir de forma justificada quién sería DR y BDR en las 3 redes (indica número de router e interfaz). En el caso de que falle la interfaz fe0: 137.5.5.5 de R5, indica los pasos que se seguirían en cada red IP para informar de esa caída del enlace al resto de los routers de las 3 redes. Todos los routers son OSPF y están correctamente configurados. Todos tienen prioridad=1 para ser elegidos DR o BDR.



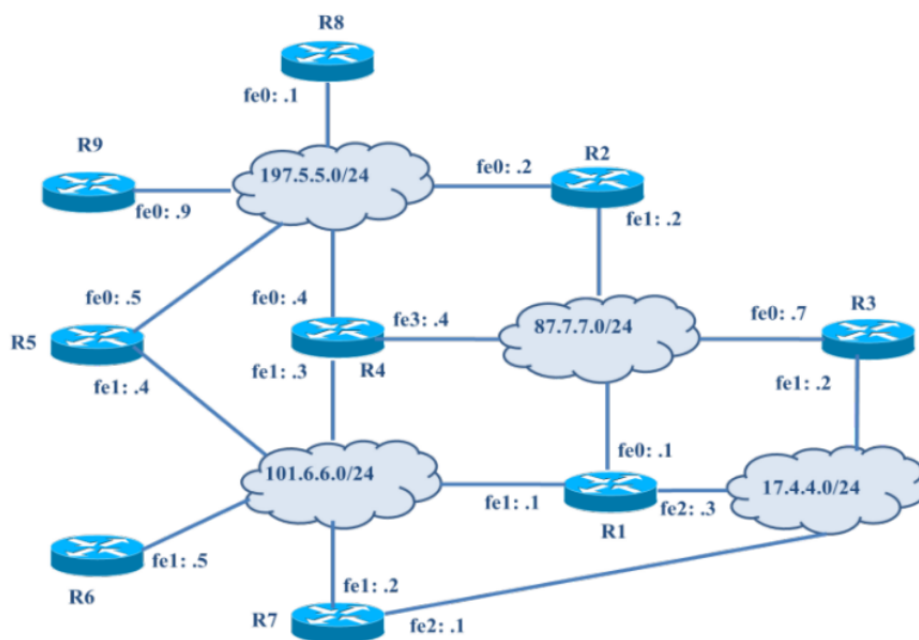
Si todos tienen la misma prioridad se escoge el router con router-id más alta:

RID 1: 187.4.4.1  
 RID 2: 187.4.4.2  
 RID 3: 187.4.4.3  
 RID 4: 187.4.4.4  
 RID 5: 137.5.5.5  
 RID 6: 101.6.6.3  
 RID 7: 101.6.6.2  
 RID 8: 137.5.5.1  
 RID 9: 137.5.5.3

Teniendo en cuenta los RIDs anteriores, en redes BMA:

- En red 187.4.4.0/24 están R1, R2, R3, R4, donde podemos ver que RID4 > RID3 > etc, por lo que DR -> R4 fe3, BDR -> R3 fe0
- En red 137.5.5.0/24 están R2, R4, R5, R8, R9, donde podemos ver que RID4 > RID2 > etc, por lo que DR -> R4 fe0, BDR -> R2 fe0
- En red 101.6.6.0/24 están R1, R4, R5, R6, R7, donde podemos ver que RID4 > RID1 < etc, por lo que DR -> R4 fe1, BDR -> R1 fe1

**Pregunta 17. a) Tenemos un dominio OSPF como muestra la figura. Definir de forma justificada quién sería DR y BDR en las 4 redes (indica número de router e interfaz). b) En el caso de qué falle la interfaz fe0: 197.5.5.2 de R2, indica los pasos que se seguirían en cada red IP para informar de esa caída del enlace al resto de los routers de las 4 redes. Todos los routers son OSPF y están correctamente configurados. Todos los enlaces tienen prioridad=1 para ser elegidos DR o BDR.**



Si todos tienen la misma prioridad se escoge el router con router-id más alta:

- RID 1: 101.6.6.1
- RID 2: 197.5.5.2
- RID 3: 87.7.7.7
- RID 4: 197.5.5.4
- RID 5: 197.5.5.5
- RID 6: 101.6.6.5
- RID 7: 101.6.6.2
- RID 8: 197.5.5.1
- RID 9: 197.5.5.9

Teniendo en cuenta los RIDs anteriores, en redes BMA:

- En red 197.5.5.0/24 están R2, R4, R5, R8, R9, donde podemos ver que  $RID9 > RID5 > \text{etc}$ , por lo que DR -> R9 fe0, BDR -> R5 fe0
- En red 101.6.6.0/24 están R1, R4, R5, R6, R7, donde podemos ver que  $RID5 > RID4 > \text{etc}$ , por lo que DR -> R5 fe1, BDR -> R4 fe1
- En red 87.7.7.0/24 están R1, R2, R3, R4, donde podemos ver que  $RID4 > RID2 > \text{etc}$ , por lo que DR -> R4 fe3, BDR -> R2 fe1
- En red 17.4.4.0/24 están R1, R3, R7, donde podemos ver que  $RID7 > RID1 > \text{etc}$ , por lo que DR -> R7 fe2, BDR -> R1 fe2

Si cae fe0 de R2 se pararán de recibir hello por su red y por la otra red de R2 (87.7.7.0/24), se avisará a su DR (en este caso R4) para decirle que ha caído. Este avisará al de la red 197.5.5.0/24 para que su DR (en este caso R9) lo pueda sincronizar todo.

**Pregunta 18. ¿Por qué OSPF en su versión BMA no funciona en una red no-broadcast? ¿Qué posibles soluciones nos ofrece OSPF en las redes NBMA?**

Perquè OSPF utilitza multicast per a treballar amb els DR i BDR, i un multicast a nivell 3 es tradueix a un broadcast a nivell 2, per tant si la xarxa no té broadcast no es pot determinar els DR i BDR (els routers d'aquella xarxa no es sincronitzen i tenen una visió diferent de la xarxa).

Soluciones, o emular una xarxa broadcast BMA, connectant tots amb tots i enviar-se les informacions (malla completa i enviar a tots el RID i la prioritat), o crear una malla completa establint relacions point-to-point. La diferència és que a la primera hi ha 1 DR i 1 BDR, però a la segona tenim  $n*(n-1)/2$  relacions, i en cada una hi ha un DR i un BDR, per tant tenim  $n*(n-1)/2$  DR i BDRs.

**Pregunta 19. Explica los tipos de routers que aparecen en una red multi-área OSPF. ¿Qué tipos de LSA's anuncian cada uno de ellos?, ¿Cuántas Bases de Datos OSPF mantiene cada uno de ellos?**

Internal Router:

Todas las interfaces en una misma área, mantienen 1 bd, generan LSAs de tipo 1 (router) y 2 (network).

Backbone Router:

Todas las interfaces en la área 0, mantienen 1 bd, pueden ser ASBR, envían LSAs de tipo 1 (router) y 2 (network), y tipo 5 si es ASBR (AS external LSA) + tipo 7 Not So Stubby Area (NSSA) External.

Area Border Router (ABR):

tiene interfaces en varias áreas, mantienen 1 bd por área, generan LSAs de tipos de 1 (router), 2 (network), 3 (summary) y 4 (ASBR summary).

Autonomous System Boundary Router (ASBR):

tiene una interfaz que va a otro AS, mantienen 1 bd por área, generan los mismos tipos de LSAs que el backbone en general.

**Pregunta 20. ¿Qué diferencia hay entre el intra-routing y el inter-routing en una red OSPF multi-área? Indica qué tipo de routers OSPF se ven involucrados en una comunicación de cada uno de estos dos tipos de routing y el tipo de LSA's que intercambian. ¿Cuántas Bases de Datos OSPF mantienen cada tipo de router?**

El intra-routing envía los paquetes hacia una red OSPF interna (dentro del área) mientras que el inter-routing envía los paquetes hacia una red OSPF externa.

En el intra-routing se usan los Internal Routers y los Backbone Routers, que guardan 1 bd. En el Inter-routing se usan los ABR y los ASBR, que mantienen una BD por cada área a la que están conectados.

**Pregunta 21. Enuncia los tipos de LSA's OSPF qué hay en una red multi-área y que funcionalidad tienen dentro del esquema OSPF multiárea.**

Router LSA (1)

LSAs enviados por cada router dentro de su área y solo alcanza a routers del área. Describe cada estado del enlace y el coste para cada router interno.

Network LSA (2)

LSAs enviados por cada DR a todos los routers del área. Describe el set de routers conectados a esa red BMA.

Summary LSA (3)

LSAs enviados por un ABR con sumalizaciones de las áreas (ABR es el único que tiene la capacidad de sumarizar). Describe rutas externas (lo consiguen de otras ABRs).

ASBR Summary LSA (4)

LSAs enviados por un ABR anunciando cómo llegar al ASBR.

AS External LSA (5)

LSAs enviados por un ASBR donde indican las redes externas al dominio (AS), lo reciben todos los routers.

Not So Stubby Area (NSSA) External LSA (7)

LSAs enviados por un ASBR, que describe rutas externas de otros AS, solo se usan en áreas Not So Stubby (un área tiene más de una salida).