

Routing: OSPF

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 3º

Temas de teoría

1. Introducción
2. QoS
3. Encaminamiento dinámico en redes IP
4. Tecnologías móviles
5. Otros temas

Objetivos

- Conocer el funcionamiento detallado de OSPF como protocolo LS

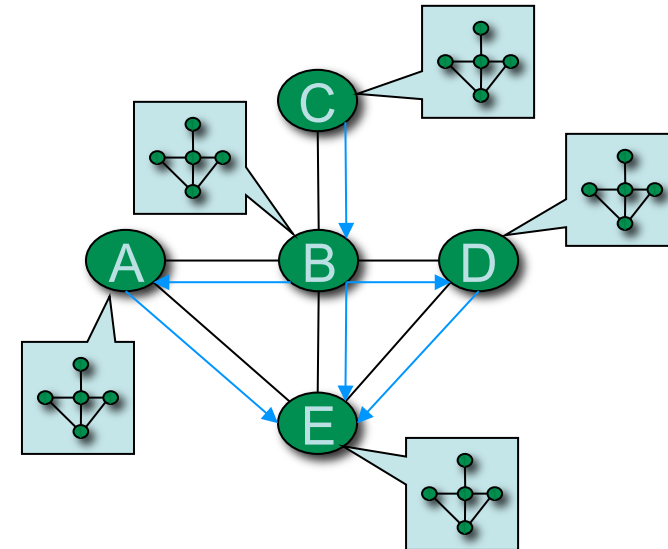
Contenido

OSPF

- Características generales
- Tareas
 - Detectar vecinos
 - Construir el LSP
 - Diseminar el LSP
 - Calcular las rutas

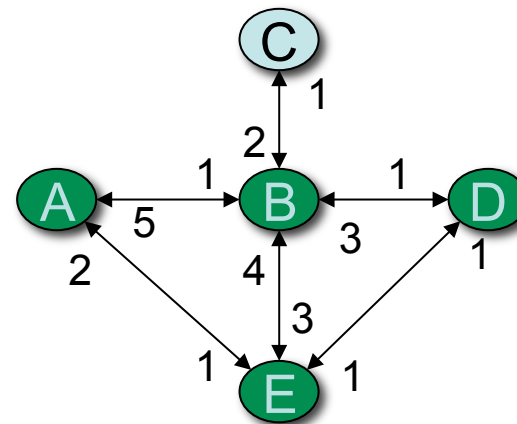
LS: Características globales

- B.D distribuida replicada
- Cada router posee información global sobre la red: nodos y enlaces existentes
- ¿Cómo?
 - Informan de sus enlaces a redes activas y con routers vecinos
 - “Inundan” la red con esta información
 - “Cómo” hacer esta inundación es uno de los principales problemas de estos protocolos
- Todos los routers tienen una imagen (grafo) de la red
- A partir de ella eligen los caminos
- Menor tiempo de convergencia que DV ante cambios en la red
- Permiten calcular caminos con diferentes requisitos de métrica
- Ejemplos: OSPF, IS-IS, PNNI



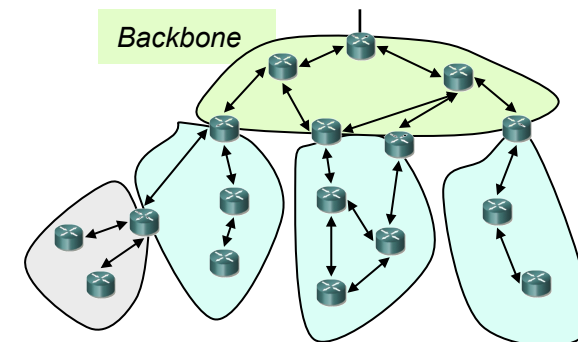
OSPF: Características

- OSPFv2
- **Open Shortest Path First**
- ¿Qué se buscaba?
 - Estándar abierto
 - Métricas variadas
 - Se adapte rápido
 - Routing por TOS
 - *Load Balancing*
 - Soporte jerarquía
 - Seguridad
- Estándar de 1990
- STD 54 (RFC 2328)
- IGP recomendado por el IAB
- Link-State
- Soporta CIDR
- Sobre IP (protocolo 89)
- Soporta 3 tipos de enlaces:
 - Punto-a-punto
 - Redes multiacceso con broadcast
 - Redes multiacceso sin broadcast
- Abstrae la red como un grafo dirigido (costes pueden ser asimétricos)
- Cada arco un coste (16 bits)
- Link State Advertisement (= LSP)



Áreas OSPF

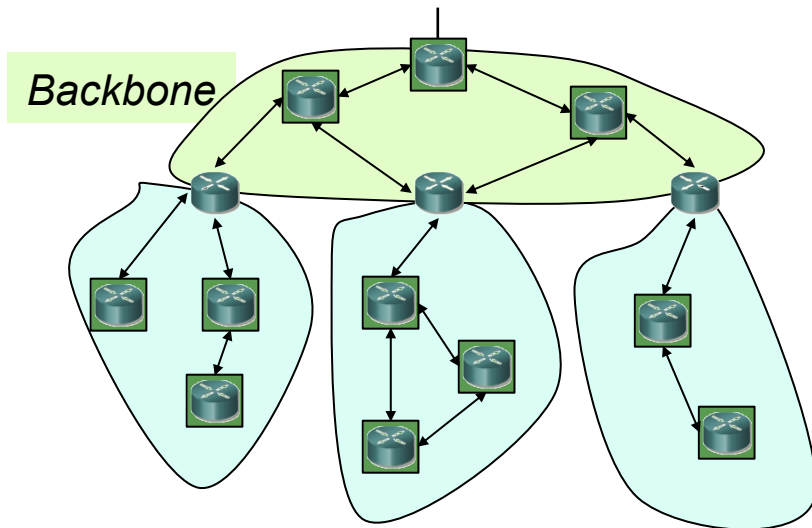
- Los AS se dividen en áreas formadas por routers y redes interconectadas
- Siempre ha de existir un área denominada troncal (backbone) a la que deben estar conectadas directamente todas las demás áreas
- En caso de que un área no se pueda conectar directamente a la troncal lo puede hacer a través de otro área mediante un enlace virtual
- Los routers inundan su área con información de enrutamiento
- Mejora la escalabilidad
- *Area border routers*
 - La frontera son routers
 - Resumen esta información y la mandan a otras áreas
- Cada área tiene un identificador de 32 bits
 - Se representa habitualmente en el formato decimal de una dirección IP
 - Para el área troncal el identificador es 0.0.0.0



Jerarquía

Tipos de routers

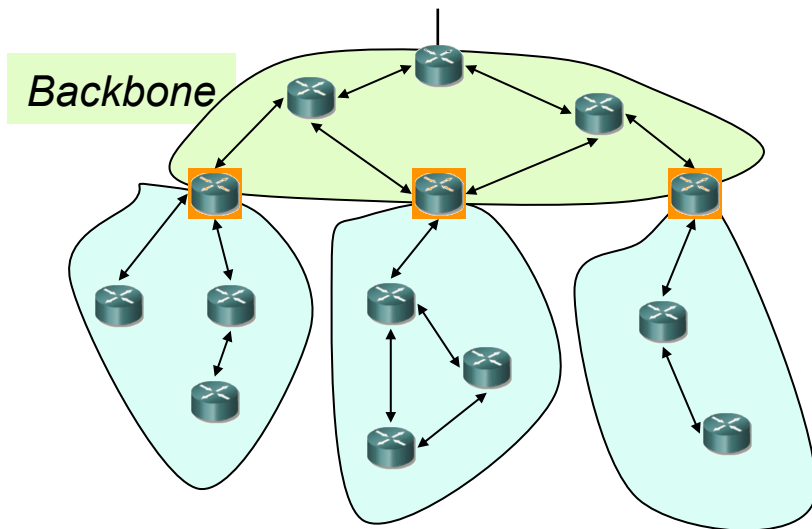
- **Internal Routers:**
 - Todos los enlaces en el mismo área (...)
- **Area Border Routers (ABR):**
 - Interfaces en varias áreas (...)
- **Backbone Routers:**
 - Al menos un interfaz en el backbone (...)
- **AS Boundary Routers (ASBR):**
 - Intercambian información de enrutado con otro AS
 - Pueden ser de cualquiera de los anteriores tipos



Jerarquía

Tipos de routers

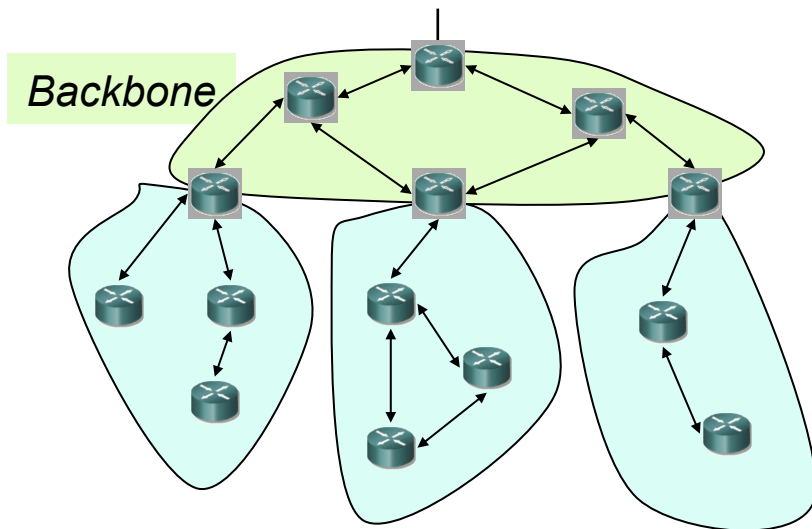
- **Internal Routers:**
 - Todos los enlaces en el mismo área (...)
- **Area Border Routers (ABR):**
 - Interfaces en varias áreas (...)
- **Backbone Routers:**
 - Al menos un interfaz en el backbone (...)
- **AS Boundary Routers (ASBR):**
 - Intercambian información de enrutado con otro AS
 - Pueden ser de cualquiera de los anteriores tipos



Jerarquía

Tipos de routers

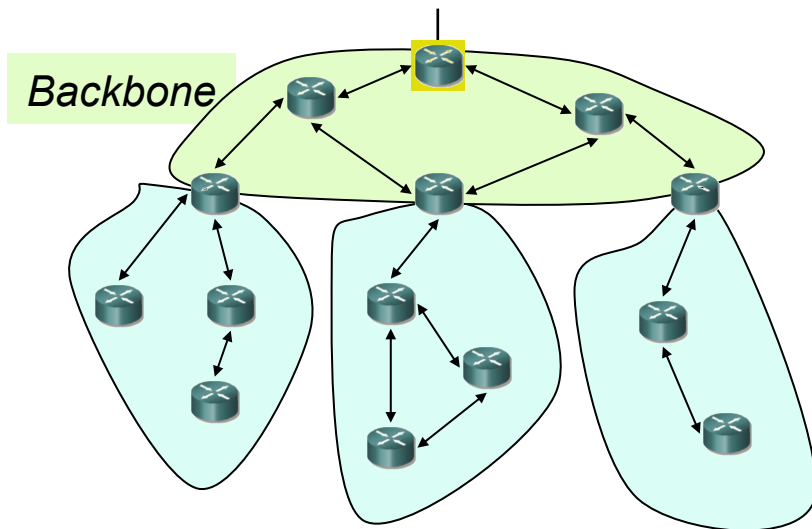
- **Internal Routers:**
 - Todos los enlaces en el mismo área (...)
- **Area Border Routers (ABR):**
 - Interfaces en varias áreas (...)
- **Backbone Routers:**
 - Al menos un interfaz en el backbone (...)
- **AS Boundary Routers (ASBR):**
 - Intercambian información de enrutado con otro AS
 - Pueden ser de cualquiera de los anteriores tipos



Jerarquía

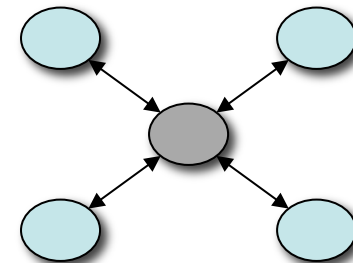
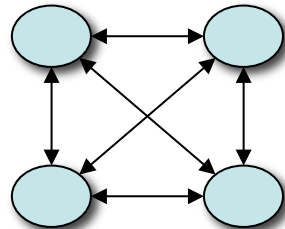
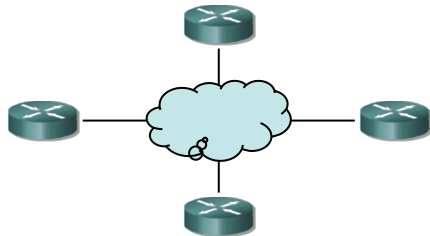
Tipos de routers

- **Internal Routers:**
 - Todos los enlaces en el mismo área (...)
- **Area Border Routers (ABR):**
 - Interfaces en varias áreas (...)
- **Backbone Routers:**
 - Al menos un interfaz en el backbone (...)
- **AS Boundary Routers (ASBR):**
 - Intercambian información de enrutado con otro AS
 - Pueden ser de cualquiera de los anteriores tipos



Broadcast Networks

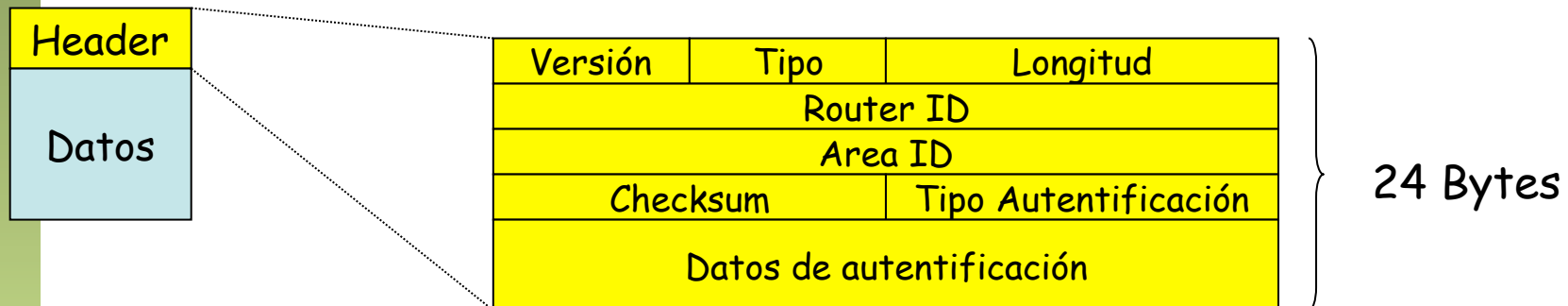
- LANs (ej. Ethernet) y algunas WANs
- Cada router tiene varios vecinos en la misma red
- Representación de malla
 - No eficiente
 - No realista
- Se representa a la red con un nodo
- Un LSP describirá los enlaces de ese nodo
- Coste normal hacia ese nodo
- Coste 0 desde ese nodo
- *Designated Router*
 - Responsable de crear el LSP por ese nodo
 - Hay un *Backup Designated Router*
 - Es adyacente a todos los routers de la red
- Se intercambian LSP con los nodos adyacentes
- Routers no-DR y no-BDR mandan LSAs a 224.0.0.6 (AllDRRouters)
- DR y BDR mandan a 224.0.0.5 (AllSPFRouters)



Formato de los paquetes

Todos una **cabecera común**

- **Versión:** 2
- **Tipo:**
 - 1 = Hello
 - 2 = Database Description (DD)
 - 3 = LS Request
 - 4 = LS Update
 - 5 = LS ACK
- **Longitud** (Bytes del paquete OSPF)
- **Router ID**
 - Una de sus direcciones IP
 - Se suele usar un *loopback*
- **Area ID**
- **Checksum**
- **Tipo de autenticación**
 - 0 = No hay
 - 1 = *Cleartext password*
 - 2 = *Message digest*
- **Datos autenticación (8 bytes)**



Detectar vecinos

Protocolo *Hello*

- Periódicamente paquetes *Hello* por todos los interfaces
- Contiene lista de nodos de los que se ha recibido paquete de *Hello*
- Verifica enlace bidireccional: verse listado en el paquete Hello vecino
- Si se dejan de recibir del vecino se deja de anunciar el enlace
- En enlaces p2p, p2m y virtual links
- En redes broadcast y non-broadcast multiaccess (ATM, FR):
 - Empleado para elegir el ***Designated Router***
 - Y el ***Backup Designated Router***
- Se envía a AllSPFRouters (224.0.0.5)

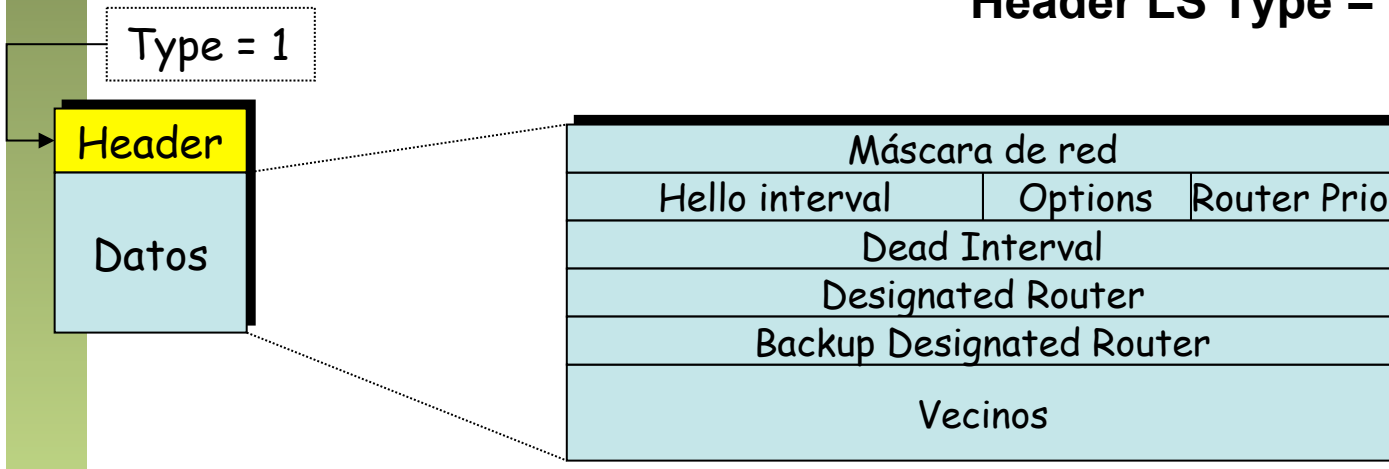
Ante nuevo enlace

- Sincronización de las B.D. de LSAs de los extremos
- Intercambian paquetes *Database Description*
- Piden lo que les falta mediante paquetes *LS Request*

Paquetes *Hello*

- Para crear y mantener adyacencias
- **Máscara de red**
 - Del interfaz por donde se envía
 - Debe ser igual para ambos extremos
- **Hello interval**
 - Segundos entre *hellos*
 - Debe ser igual para ambos
- **Options** (bits)
- **Router Priority**
 - Para la elección de DR y BD
- **Router Dead Interval**
 - Tiempo sin recibir *hellos* para considerar vecino *dead*
 - Debe ser igual para ambos
- **DB y BDR**
- **Vecinos**
 - IDs de vecinos de los que se han recibido *Hellos*

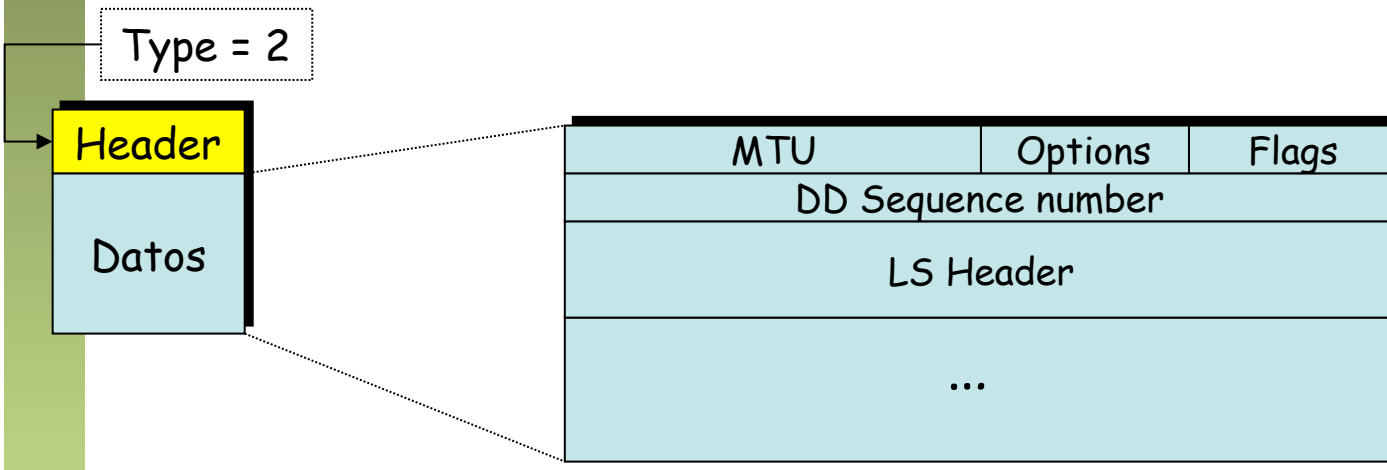
Header LS Type = 1



Database Description

- **Interface MTU**
- **Options**
- **Flags**
 - 5 bits sin usar
 - **I** : =1 primer paquete DD
 - **M** : =0 último paquete DD
 - **M/S** : ¿Maestro o esclavo en la sincronización?
- **DD Sequence Number**
- **LS Header**
 - Información suficiente para identificar el LSA
 - B.D. grande → varios paquetes DD

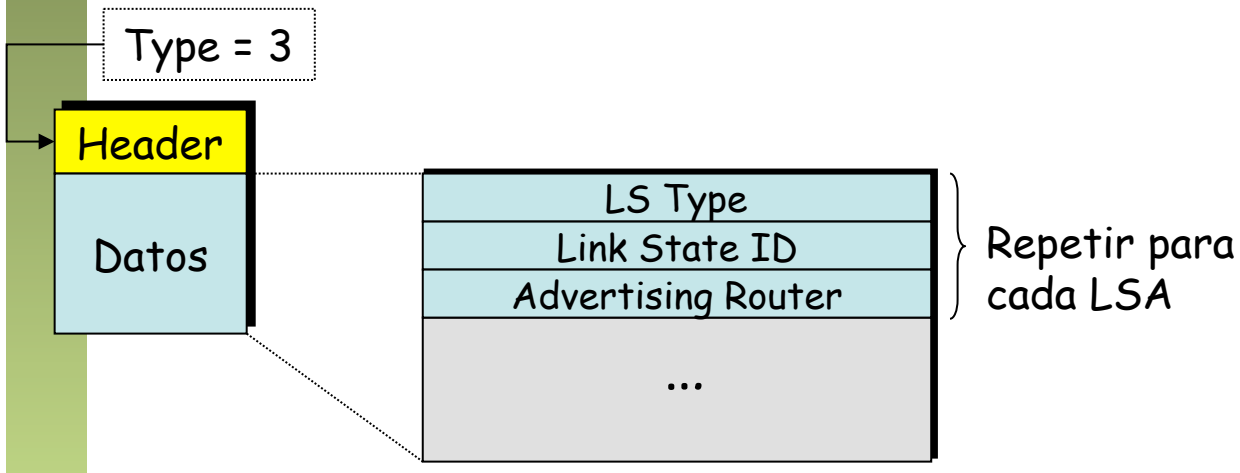
Header LS Type = 2



LS Request

- Para solicitar información
- Por ejemplo tras los DD
- **LS Type + LS ID + Adv. Router**
 - Identifican el LSA solicitado

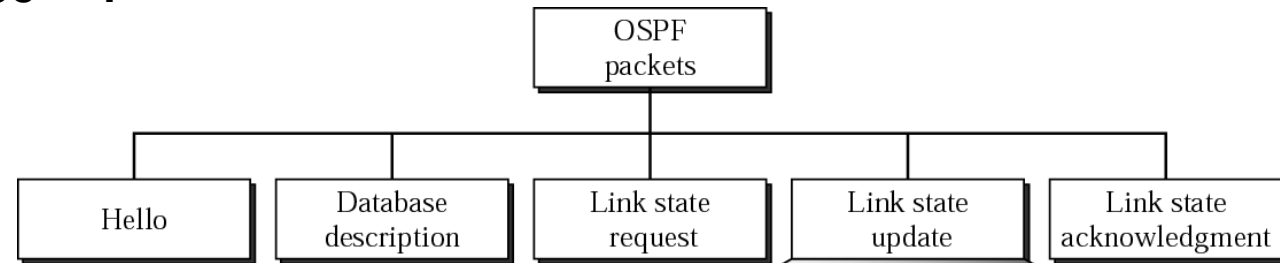
Header LS Type = 3



LS Update

- Número de LSAs que se envían
- LSAs (más adelante)

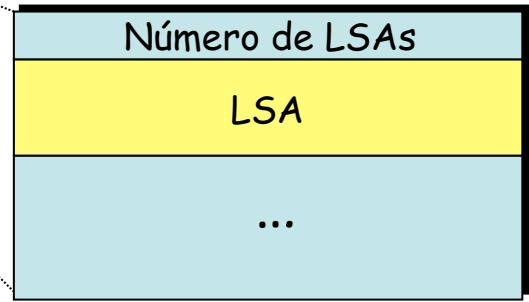
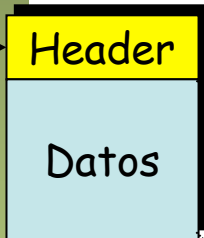
Header LS Type = 4



Tipos de LSAs

- Router link
- Network link
- Summary link to network
- Summary link to AS boundary router
- External link

Type = 4

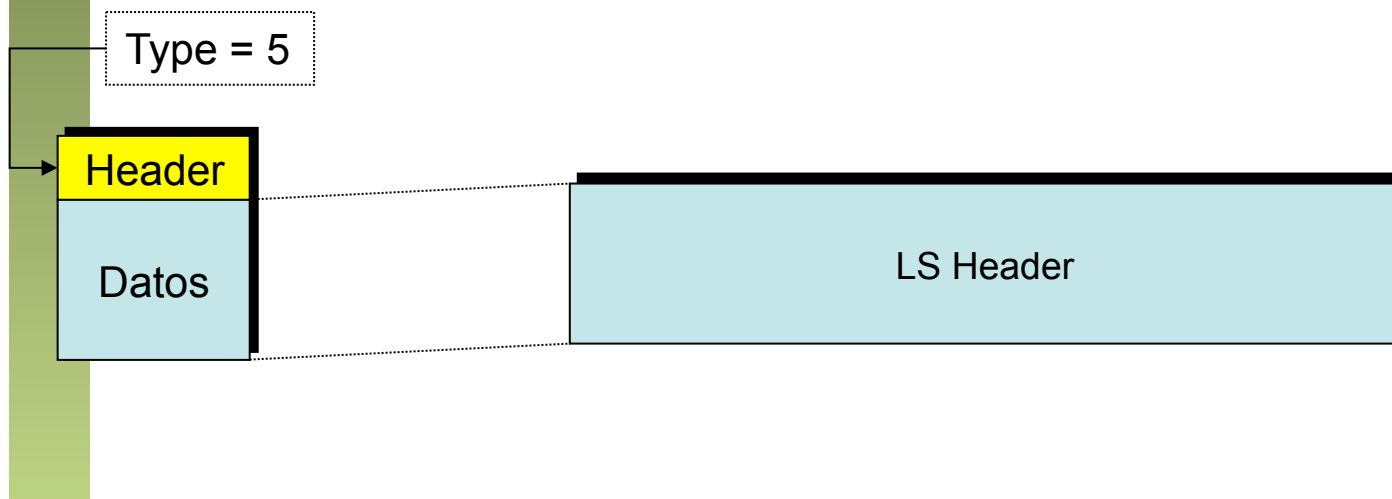


Repetir para cada LSA

Paquetes *LS ACK*

- *LS Header* a confirmar
- Se confirman los *database description*, *LS request* y *LS update*

Header LS Type = 5



Link State Advertisements

1.- Router LSAs

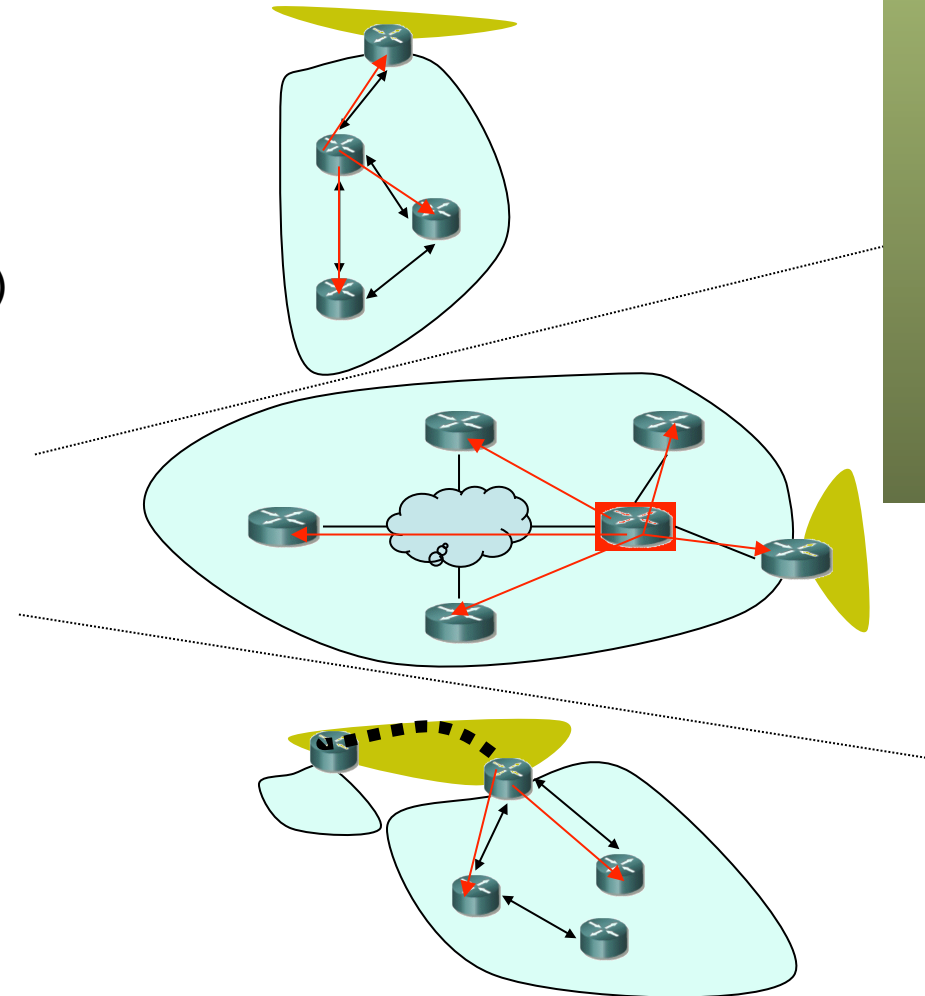
- Desde todos los routers (...)
- Dentro del área
- Describe interfaces y vecinos

2.- Network LSAs

- Desde el *Designated Router* (...)
- Dentro del área
- Routers conectados a la red

3.- Network Summary LSA

- Desde *ABRs* (...)
- Describe ruta a otra área del AS
- Resumen de las redes del área
- Dentro del área



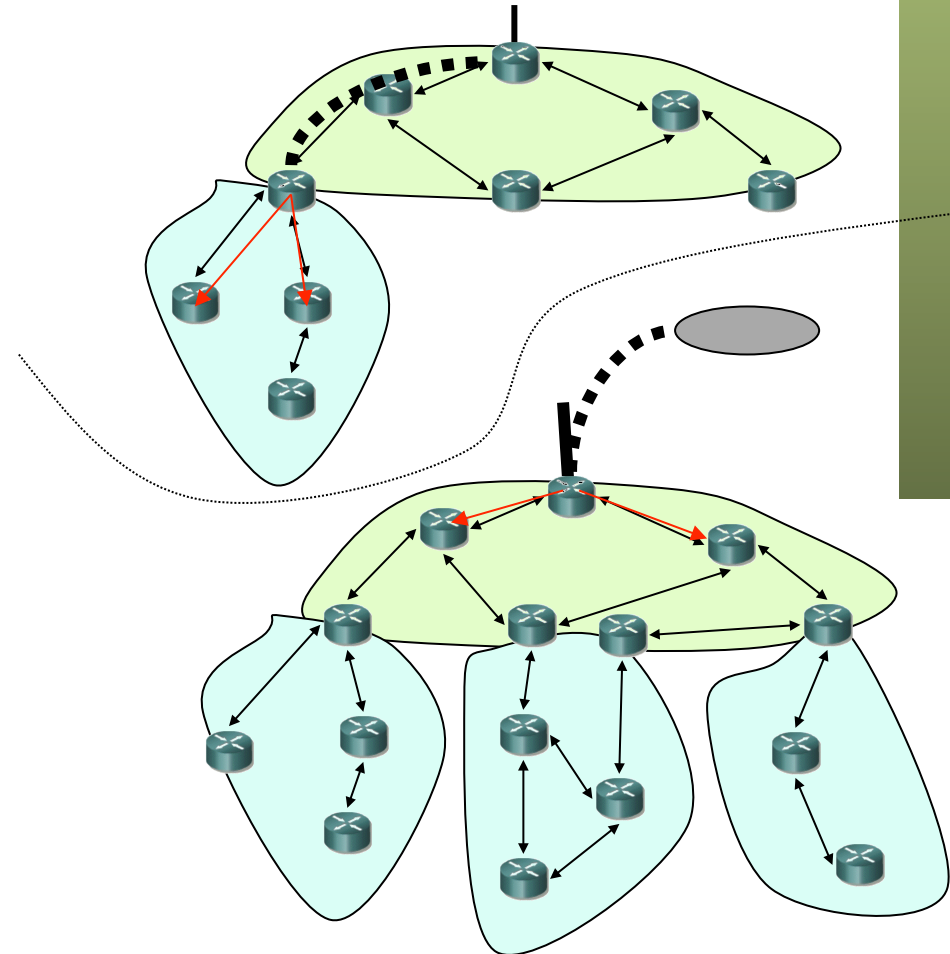
Link State Advertisements

4.- ASBR Summary LSA

- Desde *ABRs* (...)
- Describe ruta a *ASBR*
- Dentro del área

5.- AS External LSA

- Desde *ASBRs* (...)
- Describe ruta a un destino fuera del AS
- Difundido *por todo el AS*
- No a *stub areas* (ellas *default router*)



Construcción del LSA

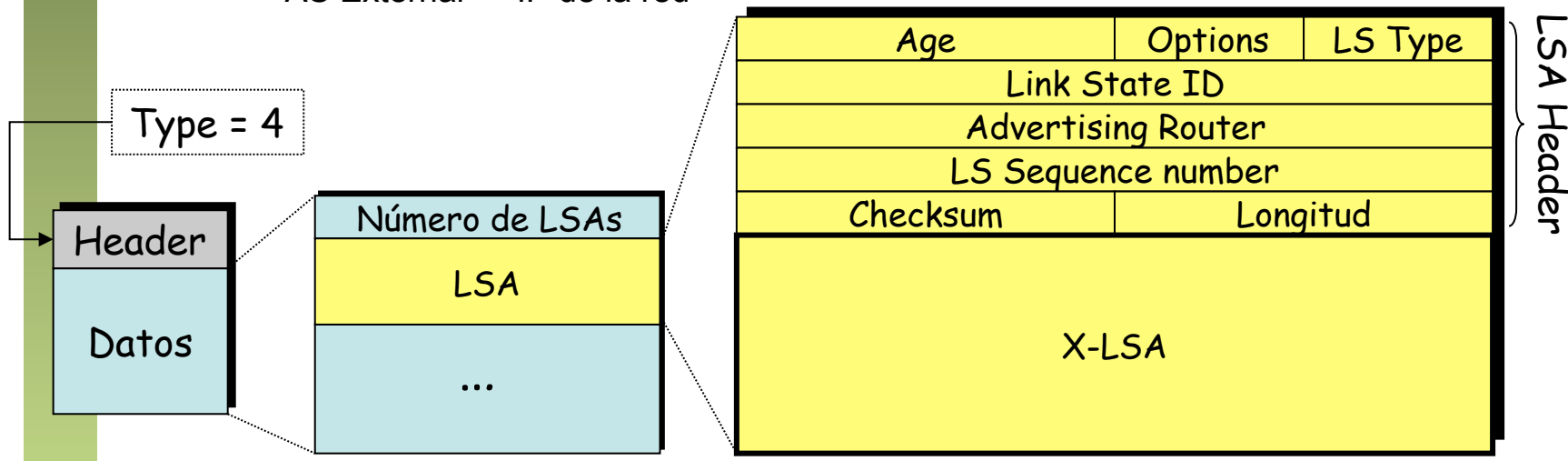
LSA Header:

- **Age**
 - Cuenta segundos desde se creó
 - Se incrementa también al reenviar
- **Options**
- **LS Type** (1=Router, 2=Network...)
- **Link State ID**
 - Router LSA → IP del Router
 - Network LSA → IP DR de LAN
 - Net. Summary → IP de la red
 - ASBR Summary → IP del ASBR
 - AS External → IP de la red

- **Advertising Router**
 - Router ID del que lo originó
- **LS Sequence Number**
- **Checksum** (sobre todo menos age)
- **Longitud** del LSA

X-LSA

- Según el tipo

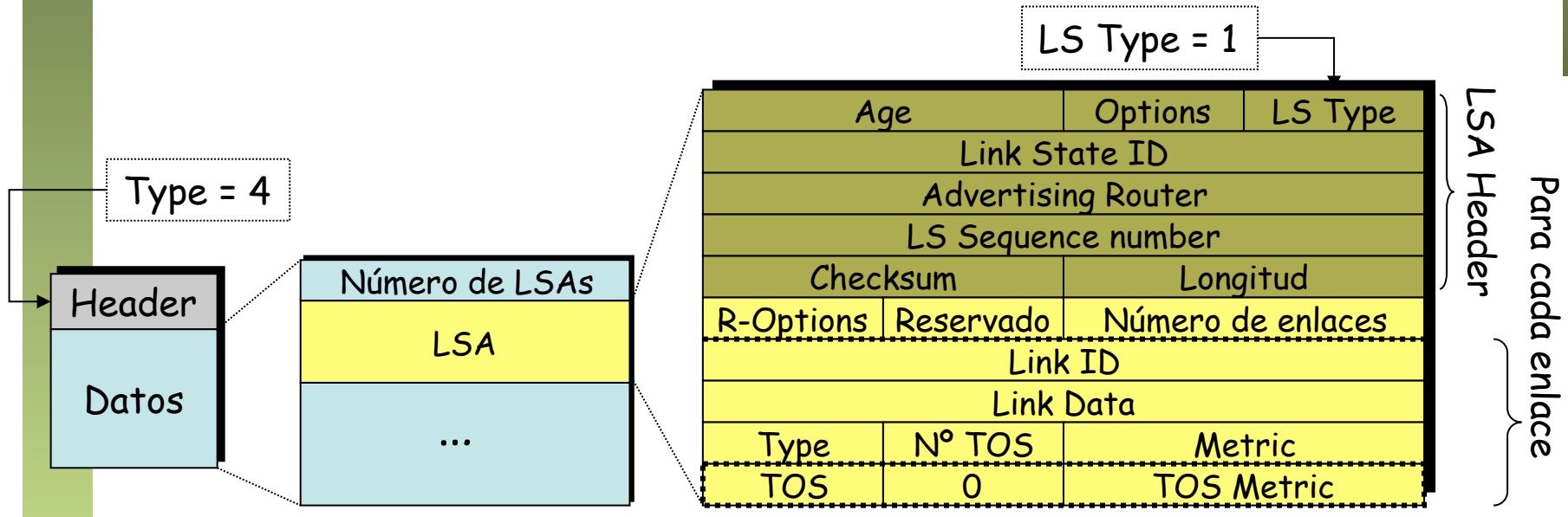


Construcción de Router LSA

- Cada router lo envía (LSA tipo 1)
- Contiene los vecinos y el coste a cada uno
- **R-Options**
 - **V** : *Virtual link*
 - **E** : *External (ASBR)*
 - **B** : *Border (ABR)*
- **Número de enlaces**
- **Nº TOS**
 - Podría anunciar métrica para varios TOS

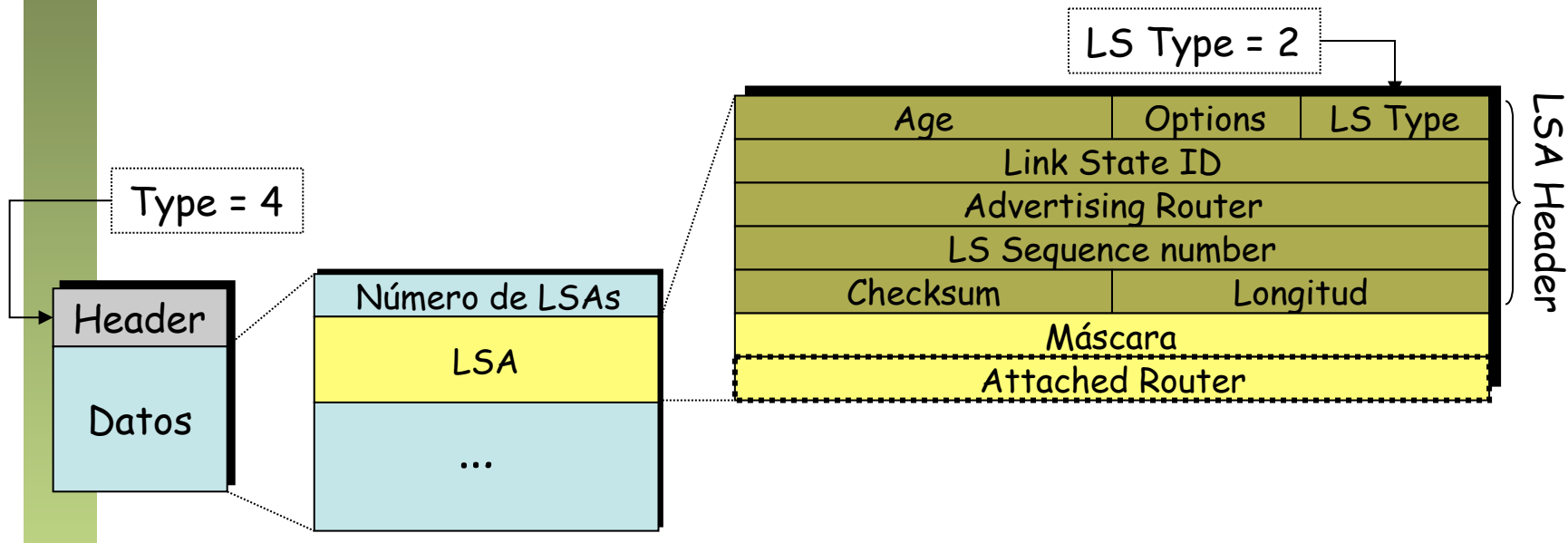
(* Si el interfaz no tiene dirección IP sería el índice del interfaz (MIB)

Type	Link ID	Link Data
1 (Point-to-point)	ID del router vecino	IP del interfaz*
2 (LAN)	IP del DR	IP del interfaz*
3 (Stub)	IP de la red	Máscara
4 (Virtual Link)	ID del router vecino	IP del interfaz*



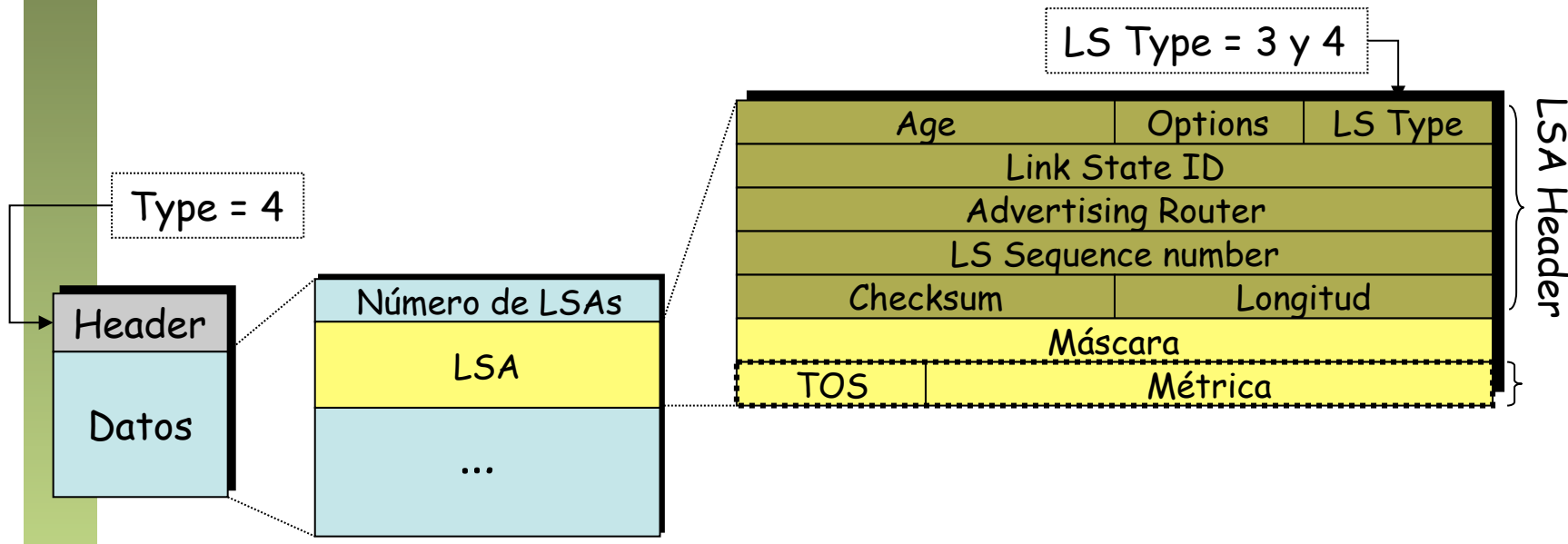
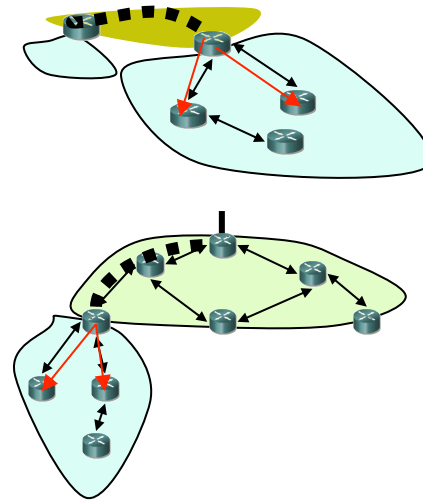
Network LSA

- Para redes broadcast o no-broadcast multiacceso
- Enviado por el DR (LSA tipo 2)
- **Máscara**
- **Attached Router**
 - Cada router adyacente al DR en la LAN



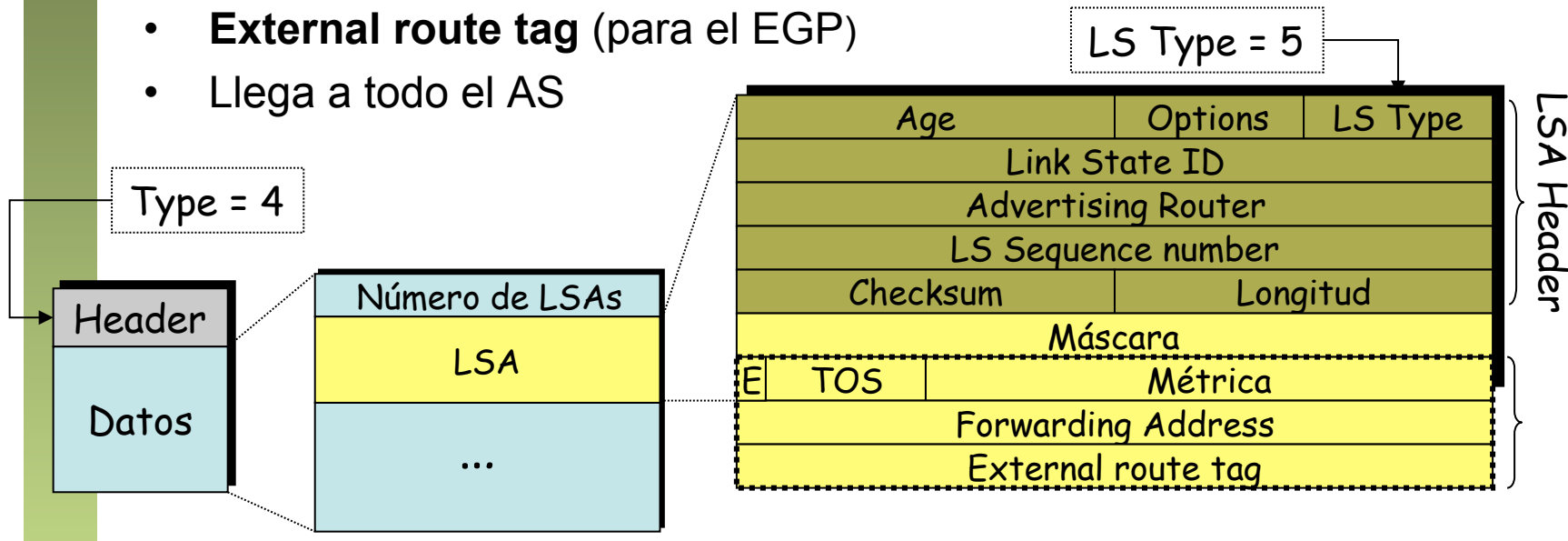
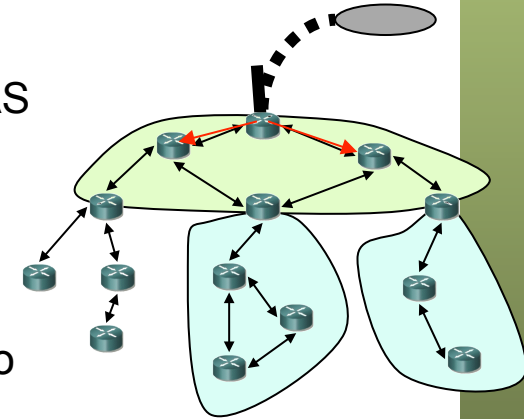
Summary LSAs

- LSAs tipo 3 y 4, enviados por ABRs
- En tipo 3 el destino es una red y en tipo 4 es un ASBR
- **Máscara**
 - Tipo 3 (Network Summary LSA): Máscara
 - Tipo 4 (ASBR Summary LSA): 0s
- **TOS**
- **Métrica**



AS External LSA

- Tipo 5, enviado por ASBR refiriendo a destino externo o *default route*
- **Máscara**
- **E**
 - E = 0 : Coste es comparable con el que se usa en el AS
 - E = 1 : Coste no es comparable y se considera mayor
- **TOS, Métrica**
- **Forwarding Address**
 - A qué router hay que reenviar para llegar a ese destino
 - Si es 0s es hacia el ASBR que lo creó
- **External route tag** (para el EGP)
- Llega a todo el AS



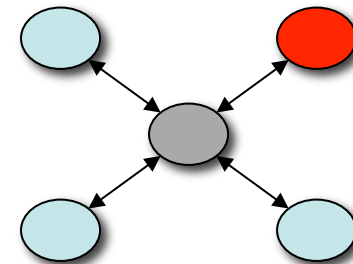
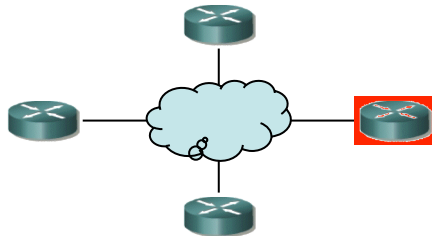
Diseminación de LSAs

- Procedimiento de *flooding* descrito anteriormente
- Número de secuencia:
 - Lineal
 - Al alcanzar el máximo (S_{\max}) manda LSA con secuencia S_{\max} para borrar su LSA de los routers
- *Hello* cada 10s (caducidad 40s)
- Nuevo *LS Update* cada 30 min
- Si en 1h no se actualiza un LSA se borra
- Dentro de cada área, los routers aprenden el coste de sus ABRs a los ASBRs y de los ASBRs a los destinos
- Para que se use un enlace debe ser anunciado por los dos extremos
- Edad:
 - Medida en segundos e incrementada al menos en 1 al reenviarse
 - Máxima: MaxAge (= 1h)
 - Si la alcanza no se usa para calcular rutas
 - Entonces se difunde para eliminarlo de la red

Diseminación en redes broadcast

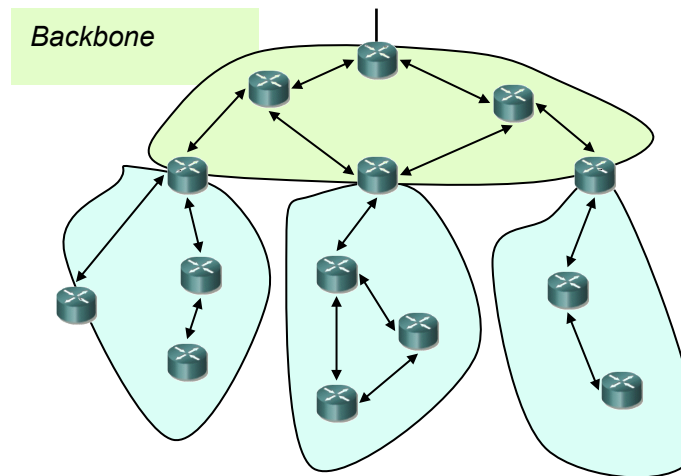
Cuando un router tiene un LSA nuevo que difundir:

- Lo manda a dirección de multicast (*AllDRouters* = 224.0.0.4)
- Leen el paquete el DR y el BDR
- El DR reenvía el LSA por multicast a la LAN (*AllSPFRouters* = 224.0.0.5)
- Los routers envían ACKs (*AllDRouters* = 224.0.0.6)
- DR lleva registro de los ACKs
- Si no recibe un ack retransmite el LSA al router en concreto que no respondió
- El BDR también lleva registro de los ACKs
- Ante un fallo en el DR puede tomar el relevo inmediatamente



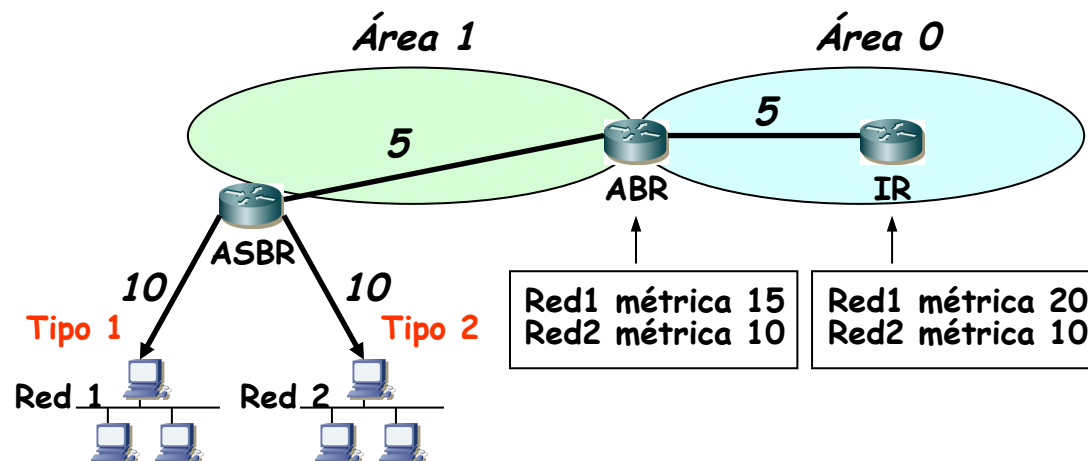
Cálculo de las rutas

- Emplea *Dijkstra* para calcular las rutas dentro del área
- Entre áreas solo se propaga un resumen, sin detalle de enlaces
- El cálculo de rutas entre áreas es similar a *Distance Vector*
- Existiendo solo 2 niveles en la jerarquía no *deberían* producirse bucles típicos de DV



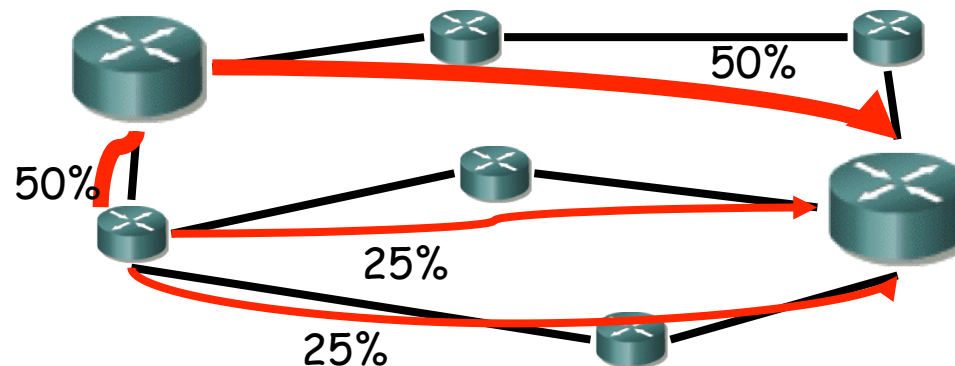
Coste en rutas externas

- Las métricas pueden tener diferente significado en cada área o AS
 - En tal caso no es posible sumar las métricas para obtener la métrica del camino
- Rutas externas, se distinguen 2 tipos:
 - Tipo 1: la métrica se calcula teniendo en cuenta el camino interior y exterior hasta el destino (LSA tipo 5, E=0)
 - Tipo 2: la métrica únicamente tiene en cuenta el camino exterior hasta el destino (LSA tipo 5, E=1)
- Siempre se prefiere la ruta de tipo 1 de menor coste
- En caso de no existir de tipo 1 se tomará la de tipo 2 de menor coste



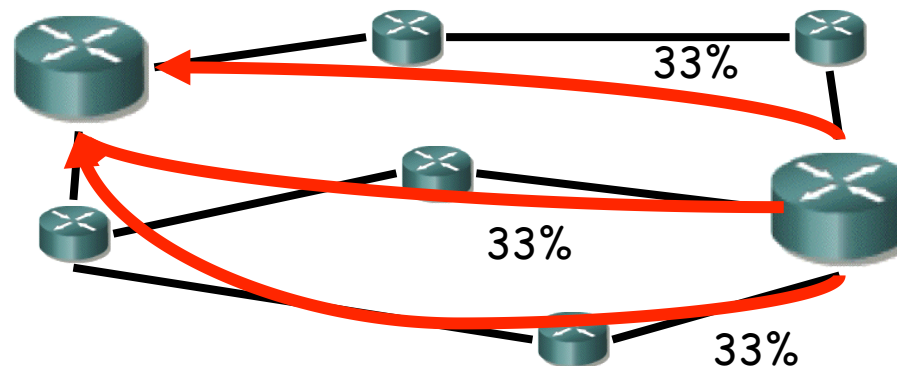
ECMP

- Soporta *Equal Cost MultiPath*
- Si hay dos caminos al destino de coste mínimo puede introducir dos *next-hop*
- Con pequeño cambio se obtienen con *Dijkstra*
- No se especifica cómo usar los dos caminos
- División en cada sentido puede ser diferente (...)



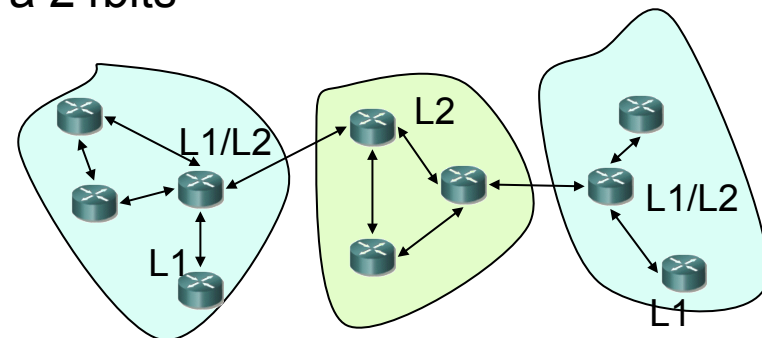
ECMP

- Soporta *Equal Cost MultiPath*
- Si hay dos caminos al destino de coste mínimo puede introducir dos *next-hop*
- Con pequeño cambio se obtienen con *Dijkstra*
- No se especifica cómo usar los dos caminos
- División en cada sentido puede ser diferente (...)
- Para evitar desorden dentro de cada flujo se suele hacer el balanceo por micro-flujo (ej. sesiones de transporte)
- Se convierte en una división aproximada
- El balanceo no ayuda a la hora del diagnóstico de fallos



IS-IS

- *Intermediate System to Intermediate System*
- Protocolo de ISO para CNLP
- Directamente sobre nivel 2
- Desarrollado por Digital para su DECnet Phase V
- Link State, classless
- Intermediate System = Router
- Jerarquía:
 - Emplea áreas en dos niveles L1 y L2
 - El tráfico entre áreas debe cruzar el backbone
 - Los routers dentro de un área no conocen rutas de fuera de la misma
 - Los L1/L2 tienen una BD de LSPs para el área y otra para el backbone
 - Los L1/L2 calculan SPF para ambas
- Integrated IS-IS
 - Soporta otros protocolos (IP)
 - Incluso enrutando para IP sus mensajes son sobre CLNP
- Pequeñas diferencias con OSPF
- Varias métricas posibles: *Default, Delay, Expense, Error*
- Calcula tabla de rutas independiente para cada métrica
- Máxima *distancia* 1023 aunque se ha ampliado con extensiones a 24bits



Resumen

- OSPF protocolo de enrutamiento LS
- Mayor escalabilidad dividiendo en áreas
- Mensajes *Hello* para detectar vecinos
- Sincronización rápida de base de datos al añadir un nuevo router
- Nuevo esquema de disseminación de LSPs
- Dijkstra
- Permite *equal cost multipath*