

**PIAM**

**Protocolos de encaminhamento**

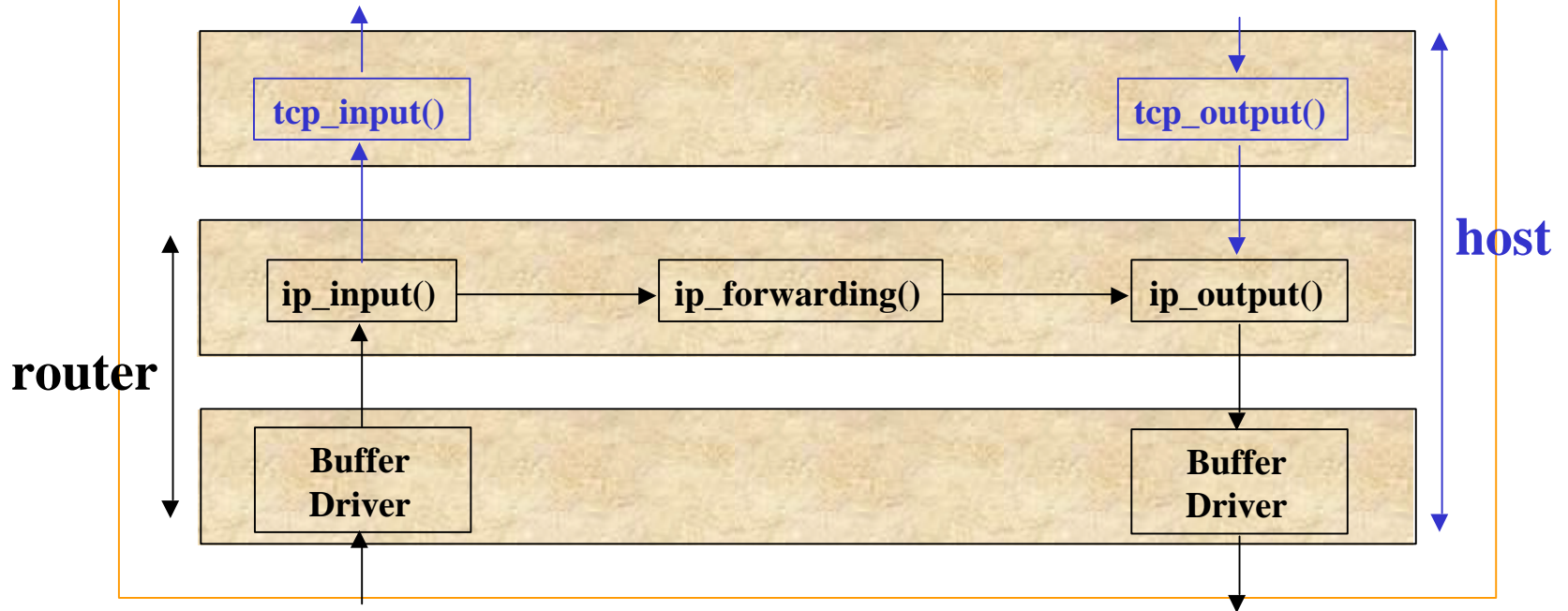
**José M<sup>a</sup> Barceló**

## IP Routing

- **Indice:**
  - Repaso de conceptos de routing
  - Routing interno: OSPF
  - Routing externo: BGP
  - Peering, puntos neutros, multi-homing, Internet

## IP Routing - Repaso

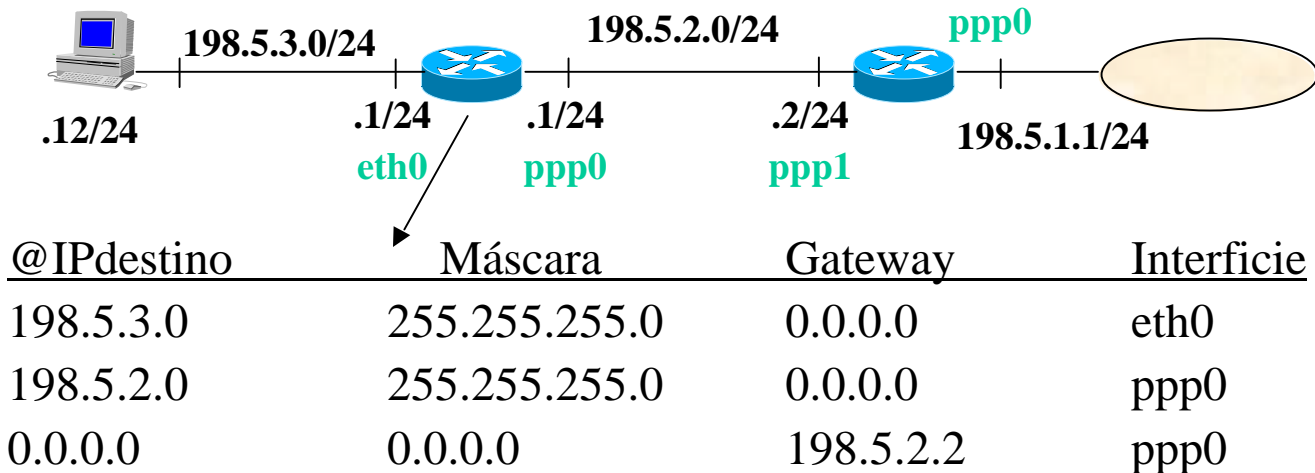
- Funcionalidad de un router
  - Si un host recibe un datagrama que no está dirigido a él, el host descarta el datagrama
  - Si un router recibe un datagrama que no está dirigido a él, intenta encaminarlo a un host o a otro router → FORWARDING



## IP Routing - Repaso

- **Tabla de encaminamiento de un router**

- Es necesario en la tabla de encaminamiento, información de a que destino queremos enviar el paquete y a que interfaz hay que pasar el paquete
- Si existe una “correspondencia explícita” a una entrada en la tabla, el router sabe por que interfaz sacar la trama
- Si no existe una correspondencia explícita, normalmente habrá una salida por defecto (gateway o router por defecto) → 0.0.0.0/0



## IP Routing - Repaso

- ¿Qué hace un router cuando recibe un datagrama?
  - Extraer la @IP<sub>dest</sub> del datagrama recibido
  - Accede a la tabla de encaminamiento donde va realizando una operación de búsqueda (matching)
    - Si @IP<sub>dest</sub> AND Mask\_tabla = IP destination\_tabla entonces encaminar por interficie indicada por la tabla
    - última entrada en la tabla: router por defecto
    - Sino coincide con ninguna entrada entonces enviar ICMP con error network unreachable)
  - **Longest Prefix Match:** algoritmo optimizado que encuentra la entrada en la que coincide con el prefijo más largo (e.g.; Patricia Tree)
  - **Default Router (Router por defecto):** router dentro de una red al que se le envían aquellos datagramas que un host u otro router no saben donde encaminar. El router por defecto tienen más información que le permite encaminar

## IP Routing - Repaso

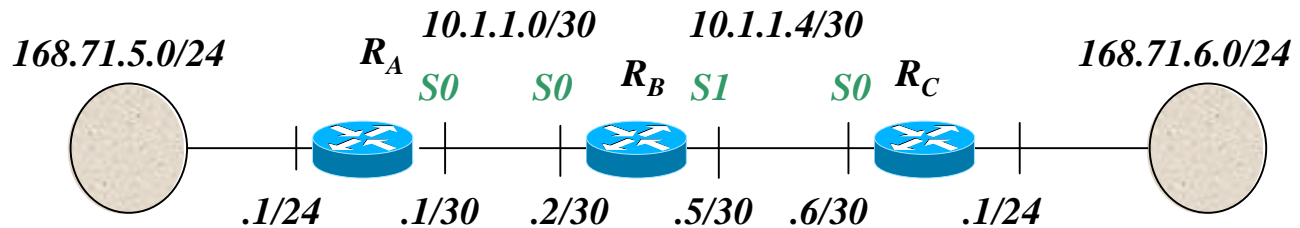
- “Path determination”
  - Proceso por el cual un router determina los posibles caminos por los que puede reenviar un datagrama para que este llegue a su destino
  - El camino puede determinarse a partir de información introducida por el administrador de red (estático) o a partir de información (métricas) intercambiada por los routers (dinámico)
    - Las métricas pueden ser muy variadas: saltos (“hops”), retardos, cargas, ancho de banda, fiabilidad del enlace, ....
  - La información que se intercambian los routers para permitir la determinación de un camino es particular a cada protocolo de encaminamiento, que define
    - El formato y contenido de estos paquetes de encaminamiento que se intercambian entre routers y la forma de intercambio (e.g.; unicast, broadcast, multicast, ...)
    - La periodicidad con que se intercambian los paquetes de encaminamiento
    - Algoritmos asociados que permiten calcular el camino óptimo, y por tanto decidir la interfaz de salida (e.g algoritmos de mínimo coste)

## IP Routing - Repaso

- Concepto de “convergencia” en un protocolo de encaminamiento
  - Cuando la topología de la red cambia, los routers deben recalcular las rutas y actualizar las tablas de encaminamiento
  - El tiempo en que todos los routers alcanzan un conocimiento homogéneo de la red se le llama “tiempo de convergencia”
  - Tiempos de convergencia grandes implican que los routers tendrán mayor dificultad para enviar los datagramas por la interfaz más adecuada y por tanto descarte de paquetes
  - Convergencia depende
    - Distancia en hops desde el punto en que se produjo el cambio
    - Cantidad de routers que usan el protocolo dinámico
    - El ancho de banda y la carga de tráfico de la red
    - La carga del router (CPU)
    - El protocolo de encaminamiento usado (el algoritmo)
    - La configuración que haga el administrador de la red (e.g.; red con bucles por un mal diseño)

## IP Routing

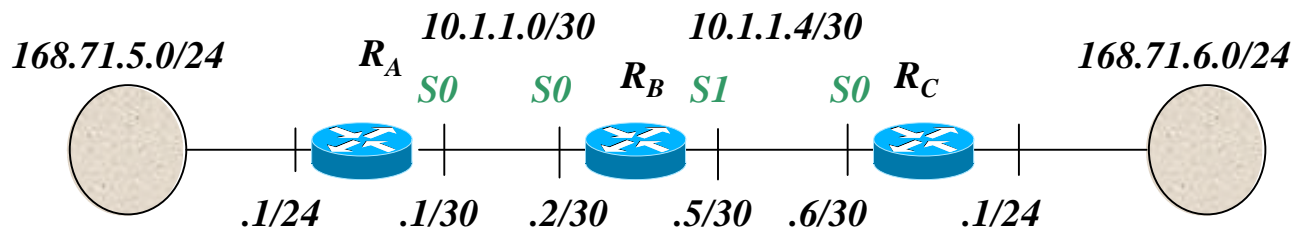
- Redes principales, agregación y sumarización:
  - **Red principal (“major network”)**: se refiere a la porción de red de mayor rango de una dirección IP. Generalmente es la clase a la que pertenece (a no ser que conozcamos la red base a partir de la cual a sido subneteada)
    - la “major network” de las subredes 168.71.5.0/24 y 168.71.6.0/24 es 168.71.0.0/16 para ambas redes (es una clase B que ha sido subneteada a redes de 24 bits)
    - la “major network” de las subredes 10.1.1.0/30 y 10.1.1.4/30 es 10.0.0.0/8 (es una clase A que ha sido subneteada a 30 bits)





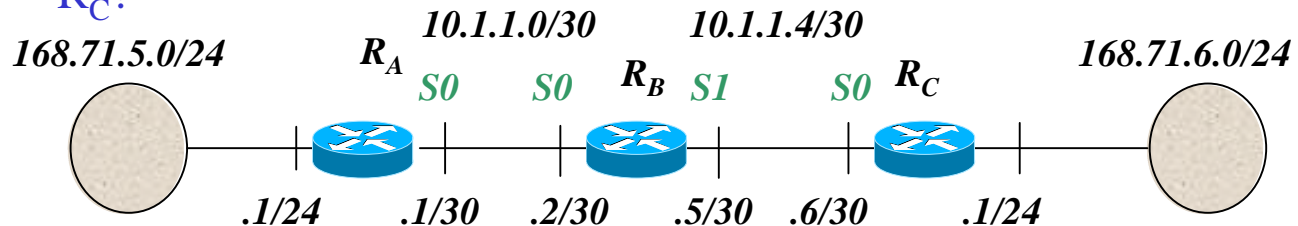
## IP Routing

- Redes principales, agregación y sumarización:
  - **Red discontinua:** las direcciones de subred de una red principal se aplican a redes físicas separadas por una red principal distinta
    - las subredes 168.71.5.0/24 y 168.71.6.0/24 pertenecientes a la red principal 168.71.0.0/16 están separadas por la red principal 10.0.0.0/8, por tanto son redes discontinuas



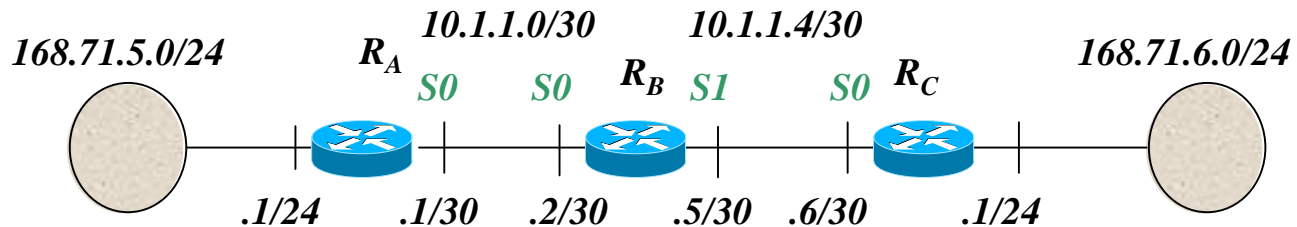
## IP Routing

- Redes principales, agregación y summarización:
  - **Sumarización:** indicar sólo la red principal, aunque haya subredes de esa red principal en la tabla de encaminamiento
    - El router  $R_A$  anuncia la red  $168.71.0.0/16$  por la interficie  $S0$  con IP  $10.1.1.1$  (al ser de otra red principal) en vez de la  $168.71.5.0/24$  que aparece en su tabla de encaminamiento
    - El router  $R_C$  anuncia la red  $168.71.0.0/16$  por la interficie  $S0$  con IP  $10.1.1.6$  (al ser de otra red principal) en vez de la  $168.71.6.0/24$  que aparece en su tabla de encaminamiento
    - ¿Qué entradas habría en las tablas de encaminamiento de  $R_A$ ,  $R_B$  y  $R_C$ ?



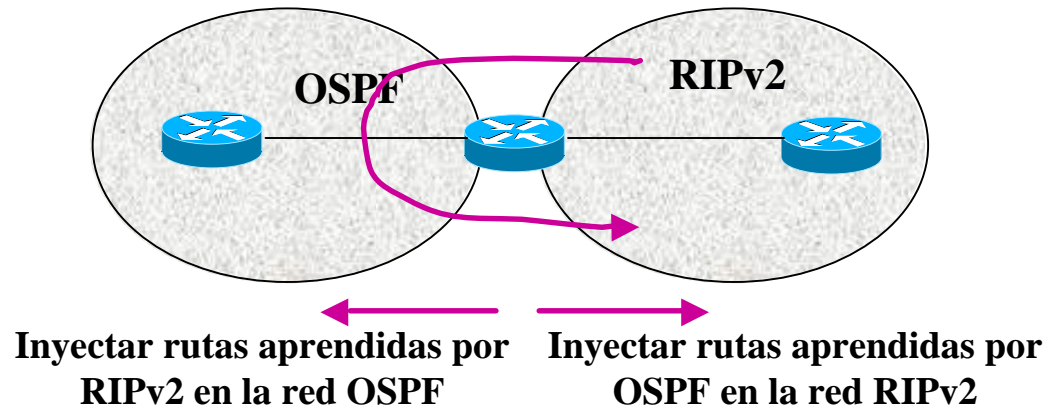
## IP Routing

- Redes principales, agregación y sumarización:
  - **Agregación:** Reducir el número de subredes en una porción de red común para comunicar sólo esta porción, por ejemplo, en un paquete de refresco (update) de un protocolo de encaminamiento.
    - Puede coincidir con la red principal, pero no tiene porqué
    - Por ejemplo: las redes 10.1.1.0/30 y 10.1.1.4/30 se pueden agregar en la red 10.1.1.0/29 y sumarizar en la 10.0.0.0/8



## IP Routing

- **Redistribución de rutas:**
  - Usar un protocolo de encaminamiento para advertir rutas que se han aprendido con otro protocolo de encaminamiento ya sea estático o dinámico
  - Hay que tener mucho cuidado con las realimentaciones
    - Reinyectar las rutas aprendidas por redistribución a quien te ha redistribuido las rutas (las métricas son distintas)



# IP Routing

- **Protocolos de encaminamiento**

- **Estáticos:**

- son aquellos en los que el administrador de sistemas introduce manualmente las entradas de la tabla de encaminamiento (puertos predeterminados)
    - Útil si la red es muy pequeña o cuando una red sólo puede ser alcanzada por un solo camino (“**stub network**”)

- **Dinámicos**

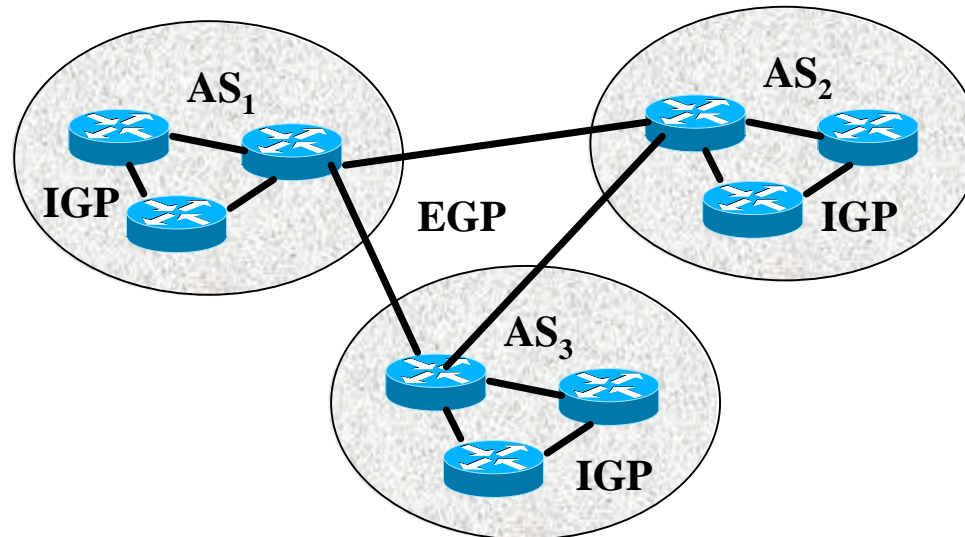
- Son aquellos que rellenan la tabla de encaminamiento de forma automática
    - Permite que la tabla cambie automáticamente cuando hay cambios en la topología de la red, por tanto útil en redes grandes
    - Se pueden agrupar en 3 grandes grupos
      - **Vector-distance protocols:** determinan la dirección y distancia a que se encuentra cualquier enlace de la red ,(e.g. RIP, IGRP, BGP, ...)
      - **Link-state protocols:** recrean la topología exacta de la red (e.g.; OSPF, IS-IS)
      - **Híbridos:** combinan aspectos de los algoritmos de distancias y de los de estado del enlace

## IP Routing

- **Classful/classless routing:**
  - **Classfull routing:** aquellos protocolos que no anuncian la máscara (e.g.; RIPv1, IGRP)
    - No se puede subnetear la red
    - Cuidado con las redes discontinuas porque RIPv1 e IGRP sumarizan
  - **Classless routing:** aquellos protocolos que anuncian las máscaras (e.g.; RIPv2, OSPF, BGP, EIGRP, etc)
    - Se puede subnetear la red usando VLSM (Variable Length Subnet Mask) en toda la red
    - A pesar de que se anuncian las máscaras hay que tener cuidado con las redes discontinuas si los protocolos sumarizan o agregan subredes

## IP Routing

- Concepto de Sistemas Autónomos (AS)
  - Internet se organiza como una colección de AS's, cada uno de ellos administrado por una única entidad
  - El protocolo de encaminamiento que comunica routers dentro de un AS se le llama **IGP (Interior Gateway Protocol)** (e.g.; RIP, OSPF, IGRP, EIGRP)
  - El protocolo de encaminamiento que comunica routers de distintos AS se le llama **EGP (Exterior Gateway Protocol)** (e.g.; EGP, BGP)



## IP Routing

- **RIP (Routing Information Protocol)**
  - Es un protocolo por vector de distancias (en hops)
  - cada router envía periódicamente (cada 30 segundos) un datagrama de encaminamiento a cada uno de SUS VECINOS con TODA su tabla de encaminamiento
  - esta tabla indica el coste (métrica son “hops”) para llegar a cada uno de los destinos (@IP) desde ese router (máximo 16 saltos)
  - el router calcula con algoritmo de mínimo coste (**Algoritmo de Bellman-Ford**) la mínima distancia para llegar a los destino y actualiza su tabla (**convergencia**: debe ser rápido)
  - RIP versión 1: no anuncia máscaras (RFC1058)
  - RIP versión 2: anuncia máscaras (RFC2453)
  - UNIX routing daemons
    - Routed (RIP v1,v2)
    - Gated (RIP, BGP y HELLO)



## OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

- Protocolo de estado de enlace (“Link State”)
- Los mensajes de encaminamiento se encapsulan como un protocolo de transporte con número 89 (recordad que TCP=6, UDP=17)
- OSPF puede usarse en:
  - Topologías **BMA** (Broadcast Multi-Access): LANs
  - Topologías **punto a punto**: líneas dedicadas (e.g.; E1)
  - Topologías **NBMA** (Non-Broadcast Multi-Access): ATM o Frame Relay

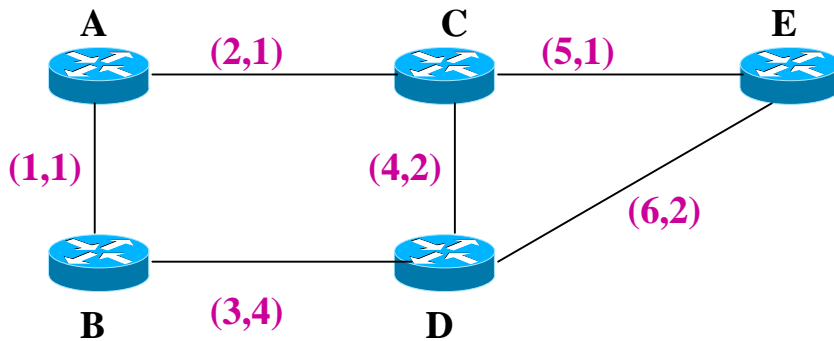
El comportamiento es distinto en las tres topologías

## OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

- Funcionamiento general:
  - Link-state: estado del enlace entre dos routers
  - Cada router **dibuja un mapa** con toda la topología de la red
  - Cada router envía información a TODOS los routers de la red cuando se produzca un cambio en la topología de la red
  - A partir de esa información se recalcula la tabla de encaminamiento usando el **algoritmo de Dijkstra**
  - OPSF se basa en:
    - Descubrir los vecinos usando un protocolo de HELLO
    - Enviar LSAs (Link State Advertisements) con los cambios que se producen en la red (LSAs van encapsulados en IP)
    - Mantener una base de datos con la topología de la red (Link State Database) en cada router
    - Un algoritmo de encaminamiento (Dijkstra) que rellena la tabla de encaminamiento a partir del contenido de la base de datos

## OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

- Ejemplo: (link,cost)



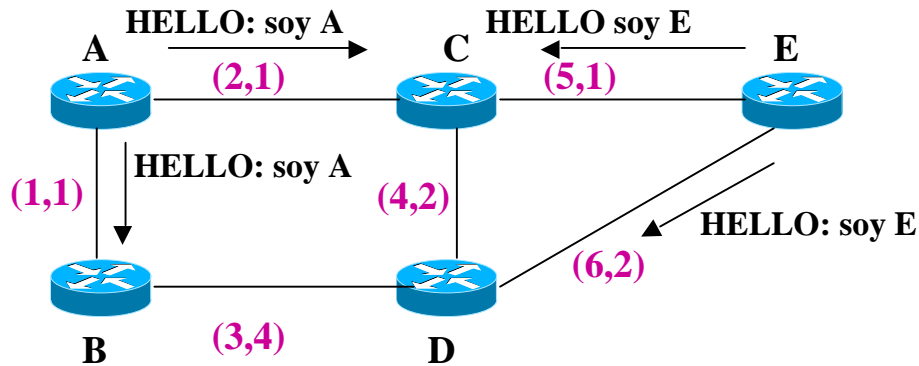
No computar rutas de forma distribuida, sino que creamos la misma DB en todos los routers y luego localmente cada router computa las mejores rutas.

### Database (DB) at each router

From	To	Link	Cost
A	B	1	1
A	C	2	1
B	A	1	1
B	D	3	4
C	A	2	1
C	D	4	2
C	E	5	1
D	B	3	4
D	C	4	2
D	E	6	2
E	C	5	1
E	D	6	2

## OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

- Ejemplo: (link, cost)



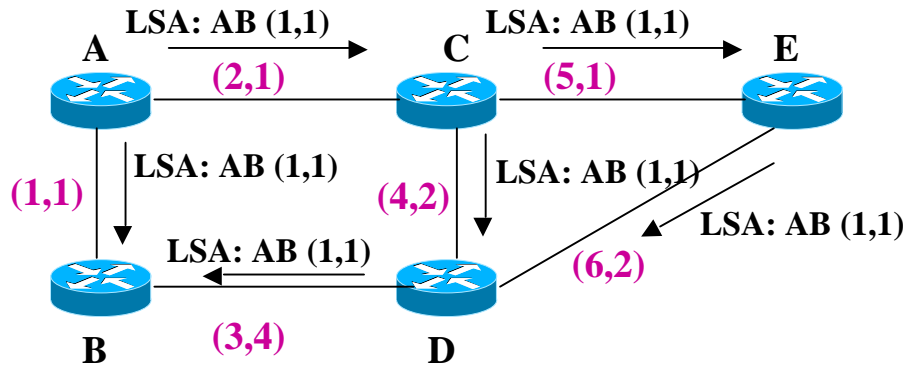
### Database (DB) at each router

From	To	Link	Cost
A	B	1	1
A	C	2	1
B	A	1	1
B	D	3	4
C	A	2	1
C	D	4	2
C	E	5	1
D	B	3	4
D	C	4	2
D	E	6	2
E	C	5	1
E	D	6	2

Primero cada router debe saber que vecinos tiene → usa un **protocolo de HELLO**

## OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

- Ejemplo: (link,cost)



### Database (DB) at each router

From	To	Link	Cost
A	B	1	1
A	C	2	1
B	A	1	1
B	D	3	4
C	A	2	1
C	D	4	2
C	E	5	1
D	B	3	4
D	C	4	2
D	E	6	2
E	C	5	1
E	D	6	2

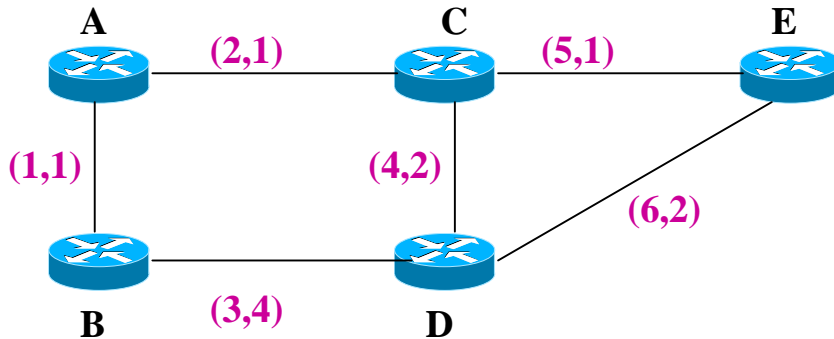
Primero cada router debe saber que vecinos tiene → usa un **protocolo de HELLO**

Segundo → Usar un **protocolo de flooding** donde se envían LSA (Link State Advertisements) para que todos converjan a la misma DB

## OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

- Ejemplo: (link,cost)

Usar Dijkstra en cada router para obtener la tabla de encaminamiento



Routing table at router B

To	Link	Cost
A	1	1
C	1	2
D	3	4
E	1	3

Routing table at router A

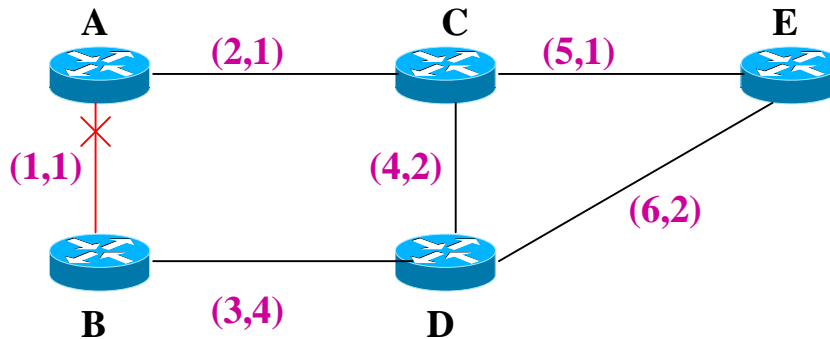
To	Link	Cost
B	1	1
C	2	1
D	2	3
E	2	2

Routing table at router D

To	Link	Cost
A	4	3
B	3	4
C	4	2
E	6	2

## OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

- Ejemplo: (link,cost)



Routing table at router A

To	Link	Cost
<b>B</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
C	2	1
D	2	3
E	2	2

Si el estado de un enlace cae, debe cambiar la DB de todos los routers. El/los router/s que lo detecten tienen que informar del cambio a todos los demás. Para ello usan LSA's (Link State Advertisement) y el **protocolo de Flooding** para diseminar la nueva información

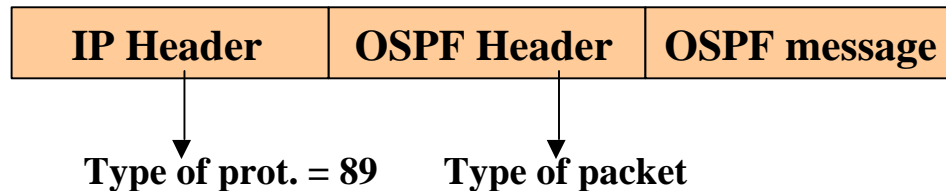
A y B detectan el cambio de estado, modifican sus DBs y transmiten el cambio en la DB a sus vecinos → From A to B, link 1, cost =  $\infty$

Todos los routers deben recomputar y actualizar su tabla de encaminamiento

## OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

- Paquetes OSPF

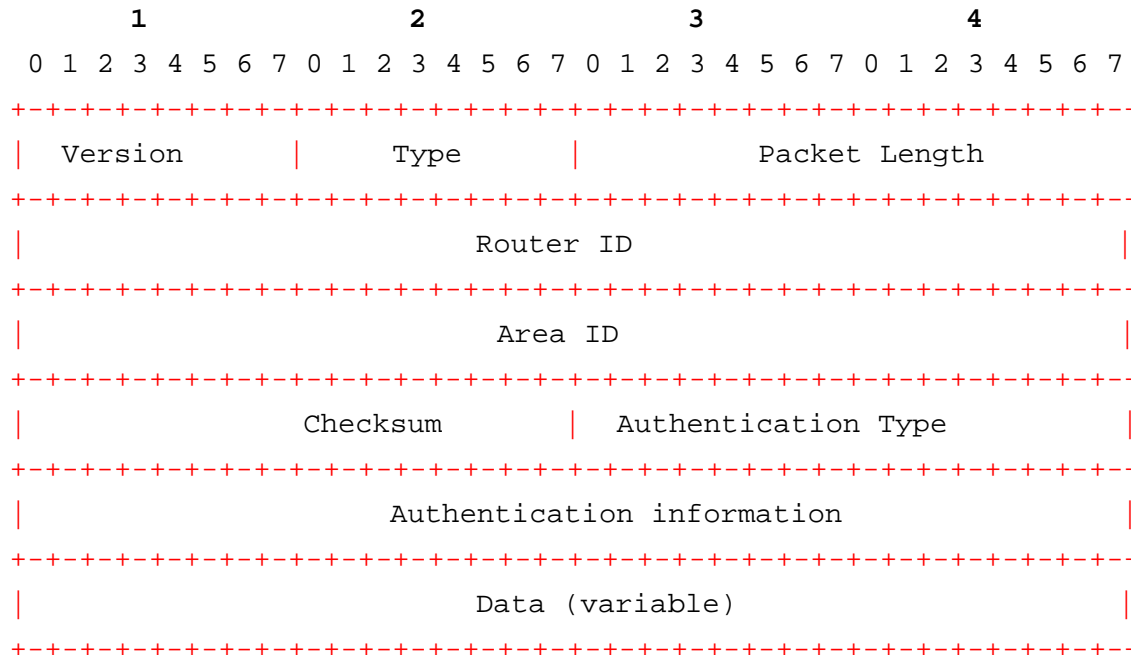
- Usan encapsulamiento IP con tipo de protocolo de transporte número 89
- Como veremos más adelante hay varios tipos de paquetes OSPF (HELLO, UPDATE, REQUEST, ...) que vienen definidos dentro de la cabecera OSPF en el campo “type of packet”





# OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

- Formato de la cabecera del paquete OSPF



## OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

- Formato de la cabecera del paquete OSPF
  - **Version:** identifica la versión OSPF
  - **Type:** identifica el tipo de paquete OSPF. Hay 5 tipos de paquetes OSPF:
    - HELLO packets
    - Database Description (DBD) packets
    - Link-State Request (LSR) packets
    - Link-State Update (LSU) packets
    - Link-State ACK (LSAck) packets
  - **Packet Length:** longitud del paquete (incluida cabecera OSPF)

## OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

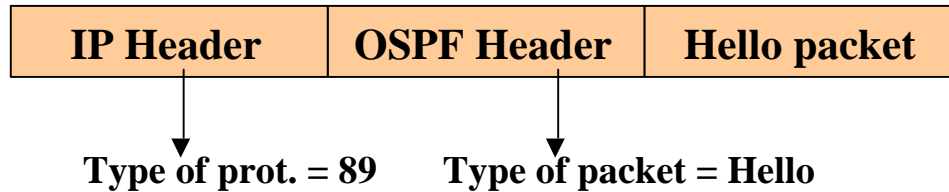
- Formato de la cabecera del paquete OSPF
  - **Router ID (RID):** identifica el origen del paquete OSPF (normalmente se escoge como RID la @IP mayor entre las @IP activas del router (y la loopback si esta está activa)
  - **Area ID:** identifica el área al cual el paquete OSPF pertenece
  - **Checksum**
  - **Authentication type:**
    - Type 0: no authentication
    - Type 1: clear-text password or simple authentication
    - Type 2: cryptographic or MD5 authentication
  - **Authentication information:** contiene la información de autenticación
  - **Data:** encapsula información de encaminamiento

## OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

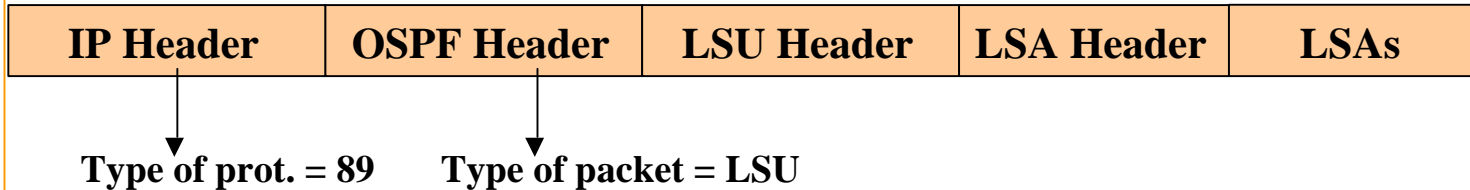
- Tipos de paquetes en OSPF (campo **TYPE** de la cabecera OSPF)
  - **HELLO packets (Type=1)**: establecen y mantienen relaciones con los vecinos
  - **Database Description (DBD) packets (Type=2)**: describen el contenido de la DB (DataBase)
  - **Link-State Request (LSR) packets (Type=3)**: paquetes de petición de porciones de la DB
  - **Link-State Update (LSU ) packets (Type=4)**: paquetes de respuesta con porciones de la DB
  - **Link-State ACK (LSAck) packets (Type=5)**: paquetes que reconocen link-state updates
- **LSAs (Link-State Advertisements)**: Unidad de datos que describe el estado local de un router o red. Para un router, esto incluye el estado de las interfaces del router y sus adyacencias.
  - Un LSA va empaquetado en paquetes DBD, LSU, LSR o LSAck

## OSPF (Open Short-Path First) (RFC 2328)

- Tipos de paquetes en OSPF
  - Hello packet

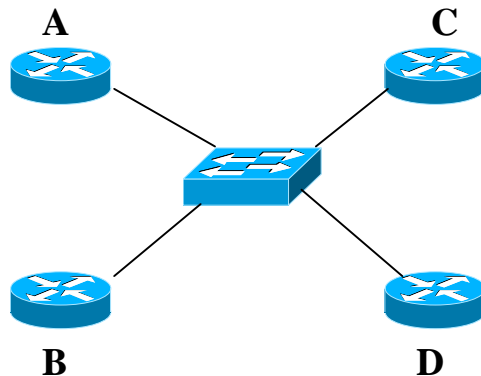


- DBD, LSR, LSU o LSAck packets



## OSPF en topologías BMA\*

- DR (Designated Router) y BDR (Backup-DR):
  - La principal función del DR es minimizar el flooding (forwarding) y la sincronización de las DBs centralizando el intercambio de información
    - Los routers no intercambian información del estado del enlace entre ellos sino que lo hacen con el DR y el BDR
    - El DR es el que mantiene todas las DBs sincronizadas al hacer el flooding de la información
    - El BDR no hace nada mientras haya un DR en la red (solo actúa si el DR falla)
    - **Adyacencia**: relación que se establece entre un router y su DR y BDR



En una LAN con N links hay  $N*(N-1)/2$  adyacencias. Cada router debe anunciar estas adyacencias. Para optimizar el número de adyacencias anunciadas a N-1 se define un **router designado (DR)** que recibe la información de sus vecinos. Este luego se encarga de anunciar la DB de forma que todas las DBs estén sincronizadas.

El **protocolo de HELLO** es el que permite elegir el router DR y BDR

## OSPF en topologías BMA

- Elección del DR y del BDR:
  - **Cada segmento de una red BMA tiene un DR y un BDR**, por lo que un router conectado a multiple redes puede ser DR de un segmento y un router normal del otro segmento. En realidad es la interfaz del router la que actúa como DR o BDR
  - El router con mayor prioridad es el DR y el que tenga la segunda prioridad más alta es el BDR
  - Como la prioridad por defecto suele ser 1, para desempatar se usa el que tenga mayor “router ID” (donde el router ID suele ser la @IP más alta de una interfaz activa del router)
  - Routers con **prioridad = 0** no pueden ser elegidos como DRs o BDRs
  - Si un router con mayor prioridad que un DR o BDR se junta a la red, **los DR y BDR no cambian**. Estos cambian solo cuando el DR falla y el BDR pasa a ser DR, eligiéndose un nuevo BDR
  - Un BDR detecta que un DR falla porque durante un cierto Tout no escucha LSAs (Link State Advertisements)

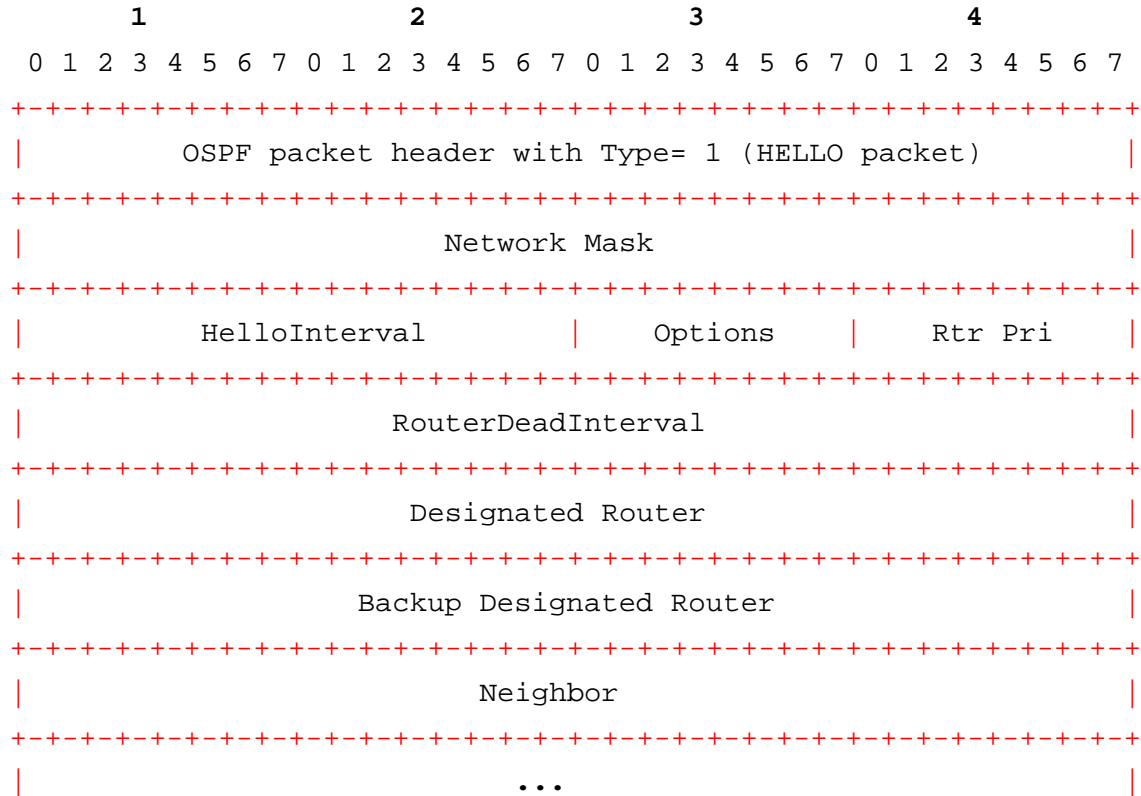
## OSPF en topologías BMA

- Protocolo HELLO: se usa para dos propósitos
  - Comprobar que la línea con un vecino es operacional y por tanto puede intercambiar información de encaminamiento
  - Elegir al router designado (DR o Designated Router) y al router de backup (DBR o Designated Backup Router)
  - Se envían periódicamente (**HelloInterval=10 segundos**) usando la **dirección *multicast All-OSPF-routers 224.0.0.5***



# OSPF en topologías BMA

- Mensaje HELLO:

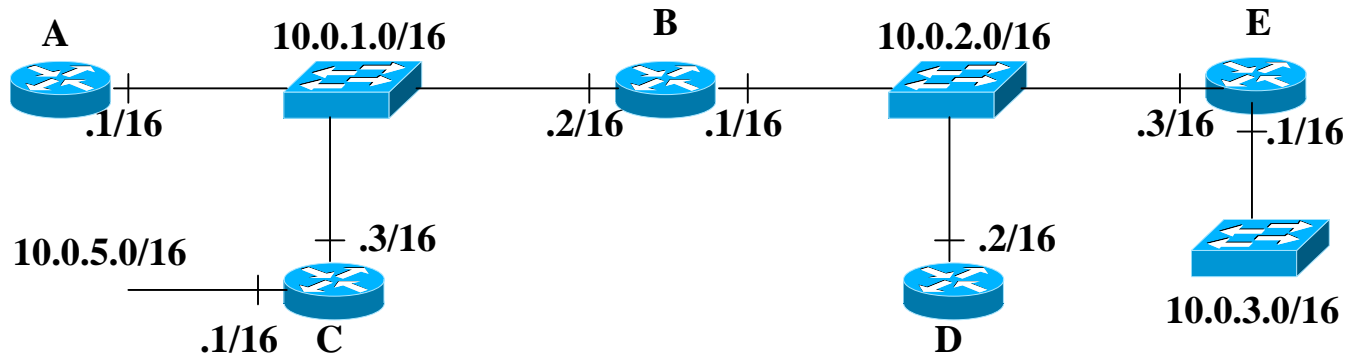


## OSPF en topologías BMA

- Mensaje HELLO:
  - **Network mask:** máscara asociada con esa interficie
  - **Hello Interval:** intervalo en que se envían HELLO's (10 segundos)
  - **Options:** capacidades opcionales que soporta este router (documentadas en el RFC de OSPF)
  - **Router Priority:** la prioridad (por defecto =1)
  - **Router-Dead-Interval:** tiempo que espera un router hasta que deja de considerar que un vecino está activo ( $4 * \text{HelloInterval}$ )
  - **DR y BDR:** direcciones IP de ambos (0.0.0.0 si inicialmente desconocidas y hay que descubrirlos)
  - **Neighbours:** RouteID de cada vecino que ha escuchado durante los últimos Router-Dead-Interval segundos

## OSPF en topologías BMA

- Elección del DR y del BDR:



$R_A$ - routerID=10.0.1.1

$R_B$ - routerID=10.0.2.1

$R_C$ - routerID=10.0.5.1

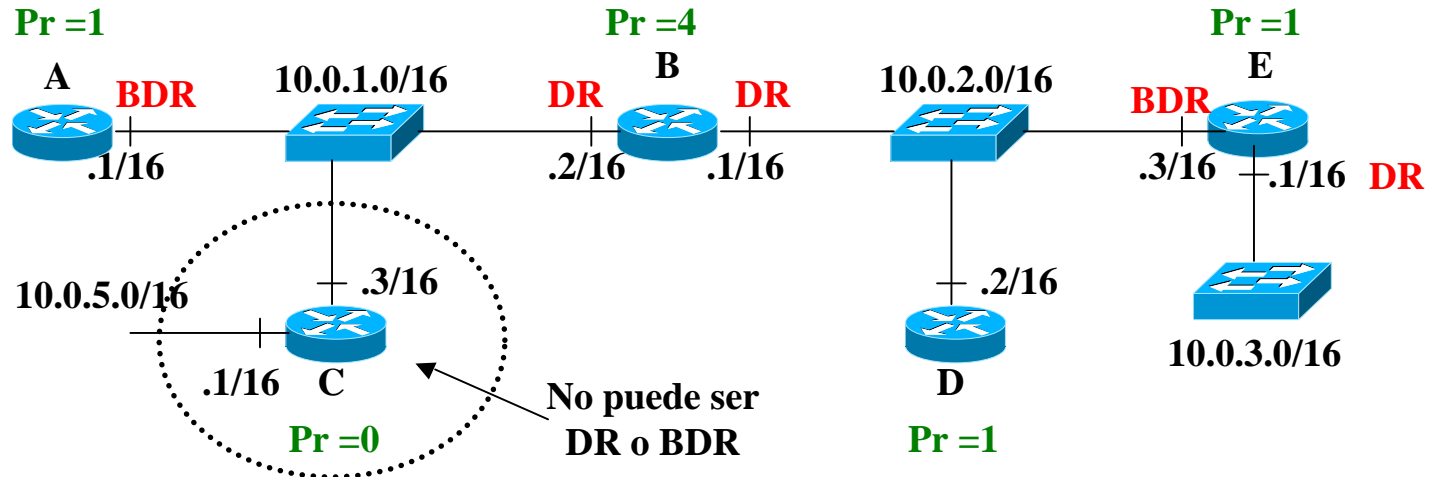
$R_D$ - routerID=10.0.2.2

$R_E$ - routerID=10.0.3.1

**Cada router debe encontrar una adyacencia en cada segmento de red**

## OSPF en topologías BMA

- Elección del DR y del BDR:



$R_A$ - routerID=10.0.1.1

$R_B$ - routerID=10.0.2.1

$R_C$ - routerID=10.0.5.1

$R_D$ - routerID=10.0.2.2

$R_E$ - routerID=10.0.3.1

Usar las Prioridades para encontrar  
DR y BDR y desempatar con  
RouterID

## OSPF en topologías BMA

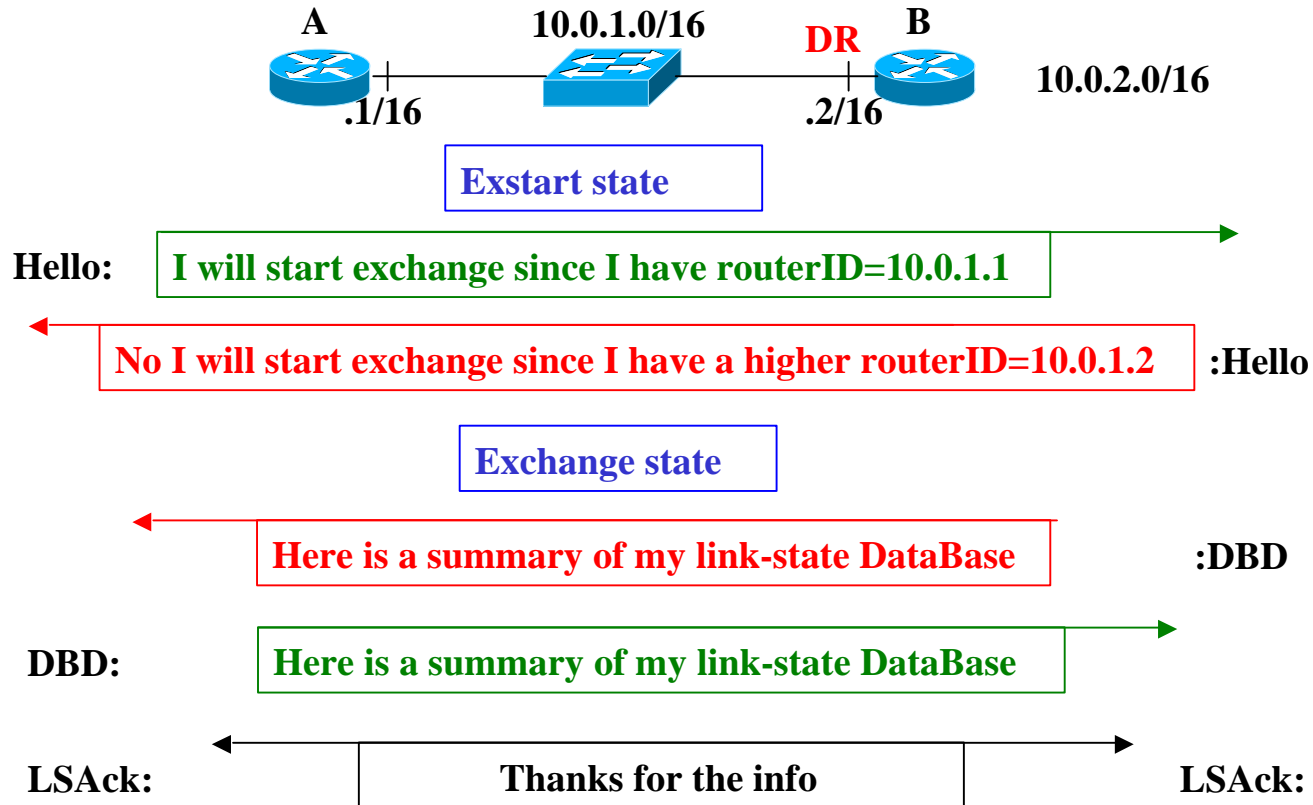
- Cuantos routers puede haber en una LAN ?
  - Depende del tamaño y diseño de la LAN y de la potencia de CPU de los routers
    - Por cada segmento de LAN necesitamos un DR y un BDR, mientras menos vecinos haya en la LAN se construirán menos adyacencias
    - Si un router pertenece a varios segmentos LAN puede ser DR en varios de esos segmentos (por ejemplo porque tiene el RouterID más alto) → lo que hace que el consumo de CPU sea muy alto → evitar que un router sea DR en varias LAN usando las prioridades

## OSPF en topologías BMA

- Descubrimiento de rutas:
  - Una vez que se han elegido el DR y el BDR, hay que descubrir las rutas de la red → *protocolo de intercambio (Exchange Protocol)*
    - El DR y el DBR forman una adyacencia con cada uno de los routers de su red (**fase de comienzo de intercambio o “Exstart State”**)
      - En cada adyacencia, uno de los dos routers actúa como “master” (el de mayor routerID, suele ser el DR) y el otro de “slave”
    - El master envía un resumen de su BD al slave y este la reconoce y viceversa (**fase de intercambio o “Exchange State”**)
    - El slave compara la información recibida y pide que le envíen aquellas entradas que no tiene (**fase de carga o “Loading State”**)
    - **Creación de la tabla de encaminamiento (“Full State”)**

## OSPF en topologías BMA

- Descubrimiento de rutas:



## OSPF en topologías BMA

- Descubrimiento de rutas:



Loading state

LSR:

I need info about net 10.0.2.0/16

Here is the entry of net 10.0.2.0/16

:LSU

LSAck:

Thanks, all is OK

LSAck:

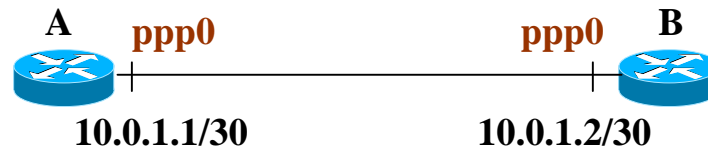
Full state





## OSPF en topologías Point-to-Point

- En topologías punto a punto (e.g.; líneas dedicadas E1 o T1)
  - Dos routers son adyacentes por definición ya que no hay más routers envueltos en la comunicación
  - Ambos se descubren con los paquetes HELLO (usando la dirección multicast 224.0.0.5 All-OSPF-routers)
  - Por lo tanto **no hay concepto de DR o BDR**



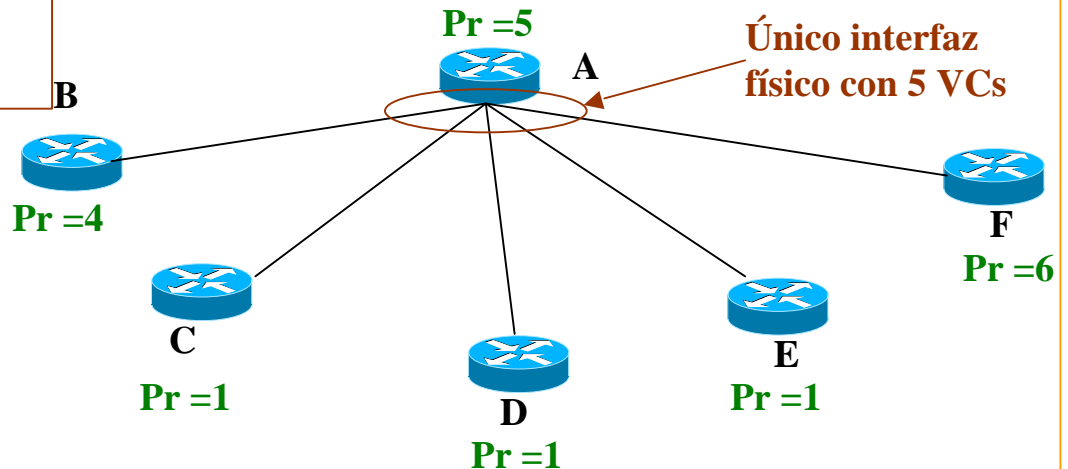
## OSPF en topologías NBMA

- En topologías NBMA:
  - Topologías NBMA son aquellas que soportan más de dos routers pero sin capacidades broadcast (e.g.; Frame Relay o ATM) o incluso sin multicast
  - Problema: dificultad en la elección de DRs y BDRs
    - E.g.; punto-a-multipunto: router A es el nodo central, los demás tienen conexiones FR al nodo central con Circuitos Virtuales.

**A-B: DR es A y BDR es B**

**A-F: DR es F y BDR es A**

**Router B no  
recibe los  
Hellos de F y  
viceversa**



## OSPF en topologías NBMA

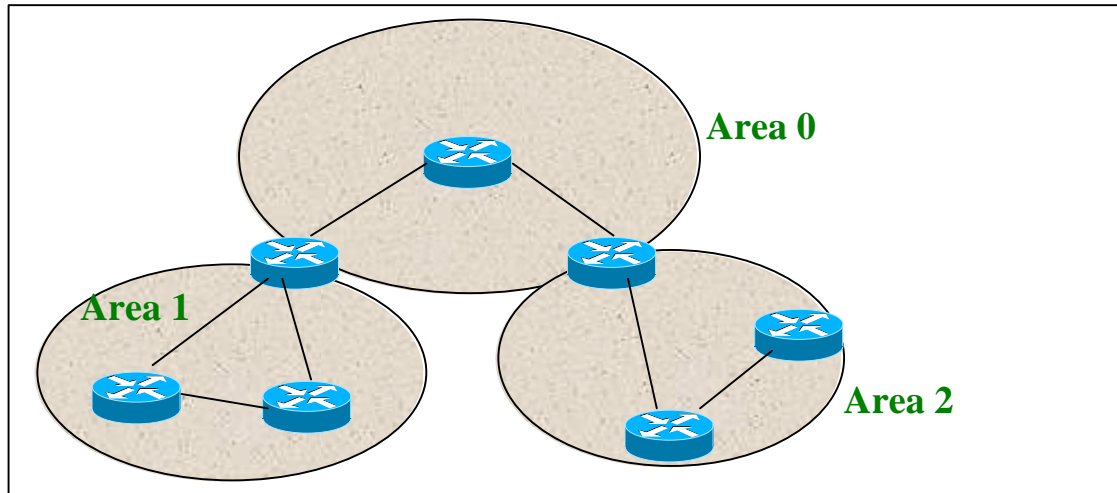
- Soluciones:
  1. **NMBA en Point-to-multiPoint**: cada enlace se trata como si fuese un enlace punto a punto (perteneciente a distinta red !!!) y no se eligen por tanto DRs o BDRs. Se usa cuando la topología es una “malla parcial” (partial meshed networks)
  2. **NMBA**: emulando la operación de OSPF en una red broadcast. Se usa cuando la topología es una red “totalmente mallada” (full meshed). Para emular el broadcast, el router crea un paquete broadcast y lo envía por todos los enlaces virtuales (CPU consuming !!! and bandwidth intensive !!!)
    - Se recomienda no usar mallas completas, la experiencia dice que mallas parciales en redes NMBA se comportan mejor

## OSPF en múltiples áreas

- Suponer una red con gran cantidad de routers y redes (e.g.; 400 redes !!!)
  - Los routers tienen que enviar gran cantidad de LSUs (gran consumo de bandwidth)
  - Es posible que haya que recomputar varias veces la tabla de encaminamiento (Dijkstra consume gran cantidad de CPU)
  - La DataBase puede llegar a ser muy grande (hay que guardar todos los enlaces y costes ya que la DB guarda TODA la topología de la red)
  - La tabla de encaminamiento puede llegar a ser muy grande
- Solución:
  - Encaminamiento jerárquico usando “**areas**”
  - **Area**: conjunto de routers y redes en un mismo AS que usa como protocolo de encaminamiento interno OSPF

## OSPF en múltiples áreas

- En general se recomienda



	Minimum	Mean	Maximum
<b>Routers in a Domain</b>	20	510	1000
<b>Routers in a single Area</b>	20	160	350
<b>Areas per Domain</b>	1	23	60

## OSPF en múltiples áreas

- Tipos de Areas:
  - **Standard Area:** un área que funciona como vimos en la sección “OSPF en un área”
  - **Backbone Area (transit area):** área (área 0) que interconecta otras áreas en un sistema multi-área. Tiene todas las propiedades de un área simple
  - **Stub area:** área que no acepta información de rutas externas al AS. Si los routers deben conectarse al exterior deben hacerlo usando una ruta por defecto (0.0.0.0)

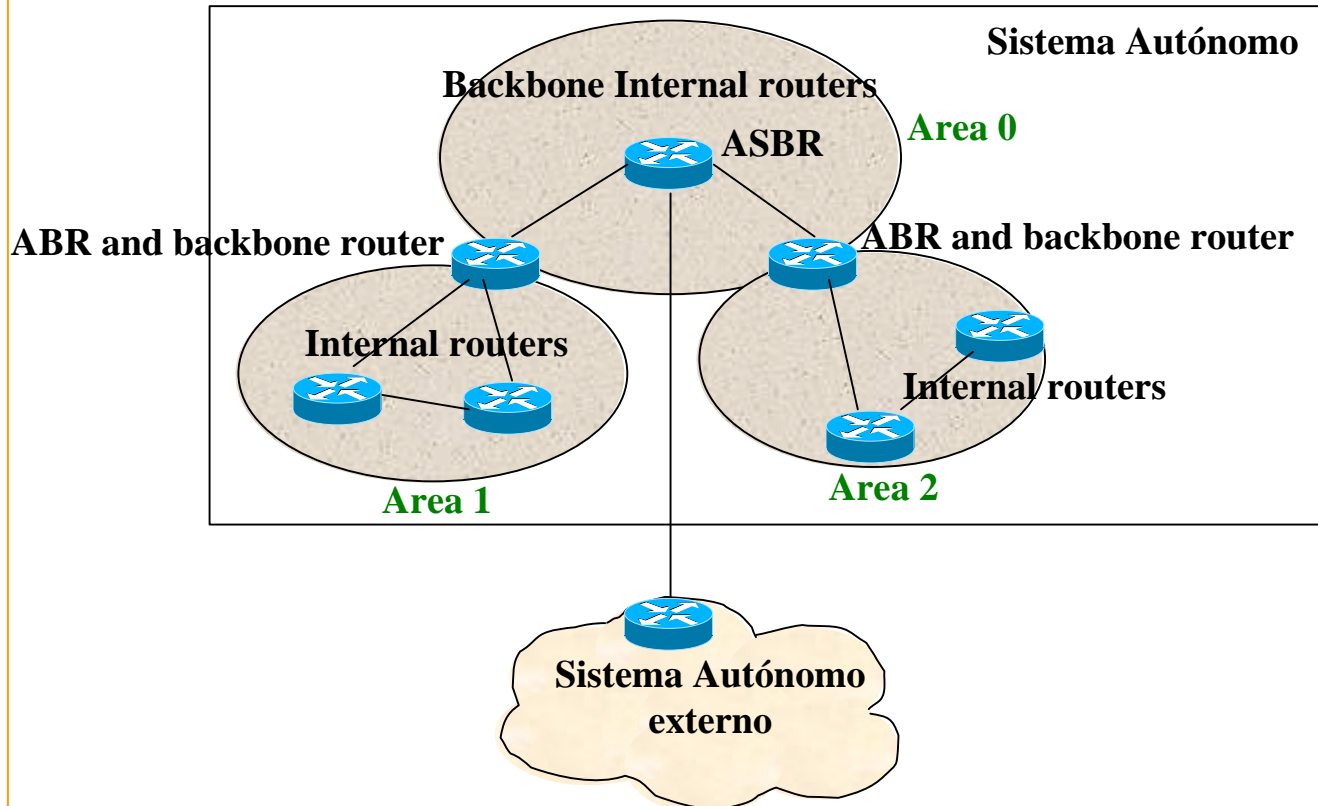
## OSPF en múltiples áreas

- Tipos de routers en una red OSPF multi-área
  - **Router interno:** router con todas sus interfaces dentro del mismo área
    - mantienen una sola DB (idéntica dentro del área)
  - **Router backbone o de transito:** routers con alguna interfaz en el Area 0
    - El área 0 sirve de backbone (tránsito) con otras áreas
  - **Router de Area limítrofe ( ABR, Area Border Router):** routers con interfaces en múltiple áreas
    - Mantienen una BD por área a la cual están conectados incluido el backbone (cuidado al diseñar ya que consumen memoria y CPU)
    - Pueden sumarizar información de un área y distribuirla por el área de backbone hacia otras áreas
    - Un ABR cuando recibe la información de otro área, calcula caminos a esa área y los propaga a su propio área
  - **Router limítrofe con un AS (ASBR Autonomous System Boundary Router):** routers que tienen al menos un interfaz con otro AS



## OSPF en múltiples áreas

- Tipos de routers in una red OSPF multiárea



## OSPF en múltiples áreas

- Transmisión de paquetes de datos:
  - Si el paquete va dirigido a una red dentro de su propio área, el paquete viaja desde el router interno al área hasta la red destino
  - Si el paquete va dirigido a una red de otro área:
    - El paquete va desde la red origen a un router ABR
    - El router ABR envía el paquete al ABR del área destino
    - El ABR del área destino reenvía el paquete a la red de su área

## OSPF en múltiples áreas

- Tipos de LSAs in una red OSPF multiárea
  - **Tipo 1: Router LSA**: generado por cada router dentro de su área, describe los enlaces del router al área
  - **Tipo 2: Network LSA**: generado por un DR (en una red BMA) describe el conjunto de routers conectados a una red y solo se envían dentro del área
  - **Tipo 3: Summary LSA (IP network)**: generados por ABR's describen rutas externas al área (que le han llegado al ABR a través del backbone)
  - **Tipo 4: ASBR summary LSA**: generados por ABR's describen rutas al ASBR's
  - **Tipo 5: AS external LSA**: generados por ASBR's describen rutas externas al AS

## OSPF en múltiples áreas

- Flooding de LSAs en una red multiárea
  - El proceso de routing intra-area (dentro de un área) ocurre como vimos en “OSPF en un area”
  - Cuando las DBs del área están sincronizadas, el ABR tiene un mapa topológico del área y puede generar LSA's a otros áreas
    - El ABR genera un summary-LSA por cada red del área (puede usar sumalización de rutas para optimizar el número de entradas LSA) a partir de la DB del área
    - Los LSA's se encapsulan en un LSU y se distribuyen por los enlaces del ABR que no pertenecen al área
    - Cuando un ABR del backbone recibe el LSU añade las entradas a su DB y hace flooding de la información dentro del nuevo área de forma que los routers del nuevo área pueden incluir la información en sus DB's y recalcular su tabla de encaminamiento

## OSPF en múltiples áreas

- Tipos de LSAs in una red OSPF multiárea

