uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

OSPF: *Open Shortest Path First*

Redes y Servicios de Comunicaciones Avanzadas

Departamento de Ingeniería Telemática

Carlos J. Bernardos cjbc@it.uc3m.es
Manuel Urueña muruenya@it.uc3m.es

Índice

1. **Protocolos de Estado de Enlaces**
2. **Protocolo OSPF**
   - **Funcionamiento**
   - **Áreas**

Protocolos de Estado de Enlace (EE)

- ***Open Shortest Path First* (OSPF) es el protocolo de Estado de Enlaces más conocido**
- **Orígenes:**
  - **Ya en los orígenes (ARPANET) se fue consciente de los problemas de los protocolos de Vector de Distancias**
  - **Los primeros trabajos dieron como resultado IS-IS (OSI) y OSPF (IETF)**
  - **Los protocolos de Estado de Enlaces (*Link State*) se basan en el concepto de "mapa distribuido de la red"**
    - ✓ Todos los nodos tienen una copia, que se actualiza periódicamente
    - ✓ A partir del mapa, los nodos son capaces de calcular la ruta más corta entre un nodo origen y cualquier otro utilizando el algoritmo *Shortest Path First* (SPF), también conocido como algoritmo de *Dijkstra*

Protocolos de EE: Características generales

- NO hay intercambio de Vectores Distancia (tablas encaminamiento) entre *routers*
- Cada *router* comprueba el estado de sus enlaces con los vecinos y sólo comunica esta información a sus vecinos
- Los vecinos, a su vez, propagarán esta información (inundación) al resto de *routers* del sistema
- Cada *router* reconstruye la topología completa de la red y su propia tabla de encaminamiento utilizando toda la información de estado-de-enlace recibida

Protocolos de EE: ¿Cómo funcionan?

1. **Creación de la base de datos de Estado de Enlaces:**
   - **Cada *router* asigna un coste localmente a sus interfaces de salida (enlaces)**
     - El coste de un enlace puede ser diferente en cada sentido
     - Un coste menor implica un enlace mejor
2. **La información sobre el estado de los enlaces se difunde mediante inundación (*flooding*) en toda la red**
3. **La base de datos de cada *router* se construye en base a toda la información recibida**
   - **Topología completa de la red: Quién está conectado con quién, con qué coste**
4. **Cada *router* calcula el mejor camino hacia todos los enlaces de la red (subredes)**
   - **Mediante el algoritmo de Dijkstra (*Shortest Path First*)**
5. **El *router* construye su tabla de encaminamiento**

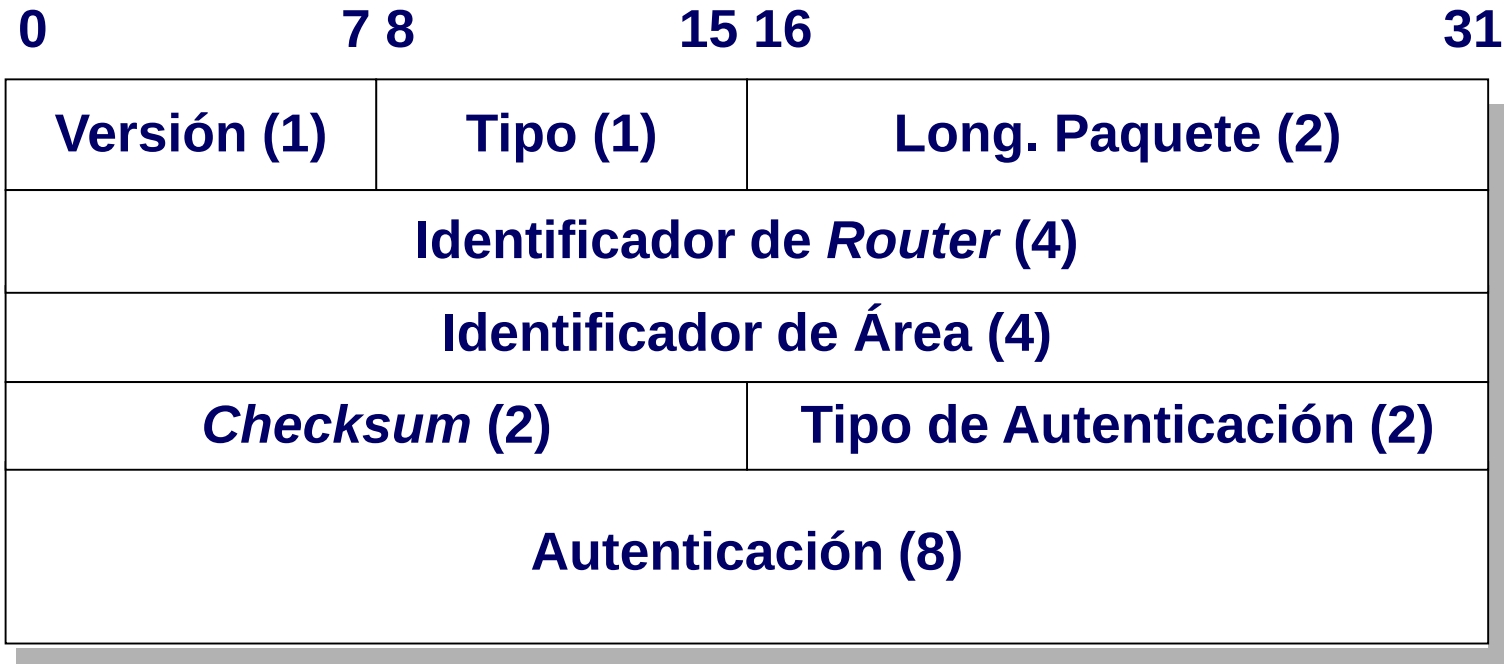
Open Shortest Path First (OSPF): Características generales

- **Protocolo *Open Shortest Path First* (OSPF):**
  - **Definido inicialmente (OSPFv1) en la RFC 1131 (Octubre 1989)**
  - **Revisado posteriormente (OSPFv2) en la RFC 1247 (Julio 1991, 189 págs.) y en las RFCs 1583 (Marzo 1994) y 2178 (Julio 1997)**
  - **Última revisión: RFC 2328 (Abril 1998, 244 págs.)**
- **Características:**
  - **Estado de Enlaces**
  - **Los mensajes del protocolo se transmiten directamente sobre IP (número de protocolo: 89)**
  - **Utiliza el coste de los enlaces para calcular la ruta más "corta"**
    - ✓ Permite definir diferentes costes para diferentes tipos de aplicaciones
  - **Menor carga de señalización que RIP (aunque depende de la topología)**
    - ✓ Tras la convergencia sólo se envían los cambios
  - **Permite definir áreas de encaminamiento**
    - ✓ Encaminamiento jerárquico, menos carga de señalización
  - **Convergencia rápida, libre de conteo a infinito (topología completa)**
    - ✓ Los *routers* necesitan una mayor capacidad de procesamiento

OSPF: Tipos de mensajes

TIPO	FUNCIÓN
Protocolo *Hello* (Tipo 1: `Hello`)	Descubrimiento y mantenimiento de vecinos
Protocolo *Exchange* (Tipo 2: `Database Description`)	Fase inicial del procedimiento de sincronización de las bases de datos
Petición de estado de enlace (EE) (Tipo 3: `Link State Request`)	Petición de datos que actualicen la base de datos
Protocolo de inundación (Tipo 4: `Link State Update`)	Permiten el envío de datos correspondientes al cambio de un EE
Asentimiento de EE (Tipo 5: `Link State Ack`)	Asentimiento del anterior

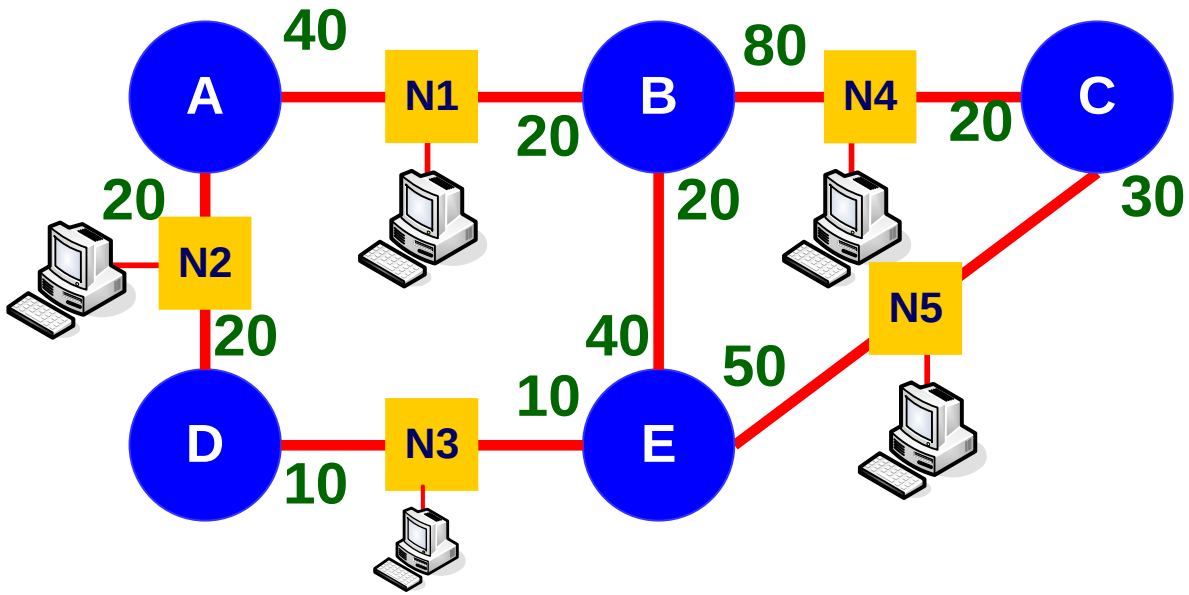
Formato de mensajes OSPF: Cabecera común



Formato: Nombre del campo (Tamaño en octetos)

Funcionamiento de OSPF

Creación de la base de datos de los enlaces

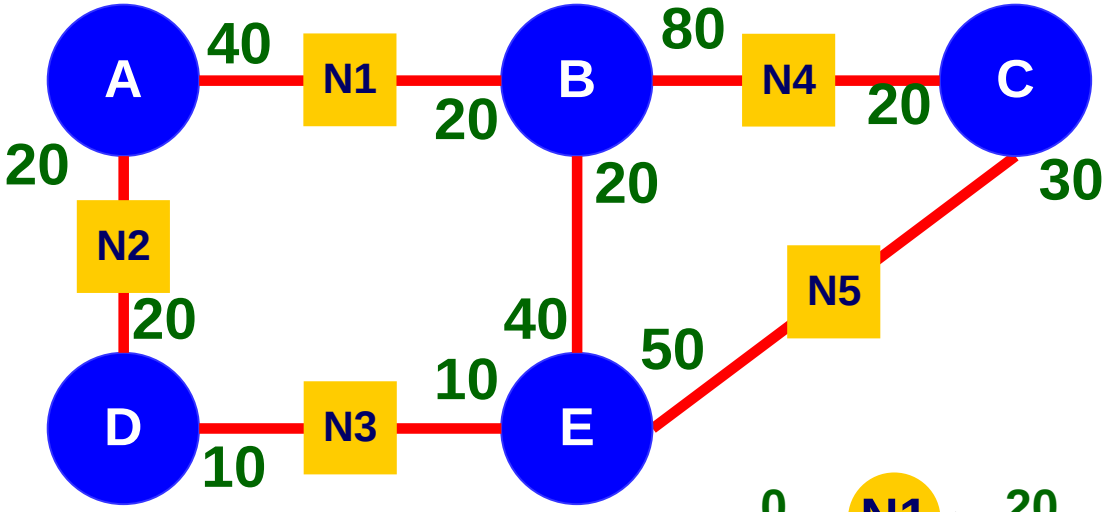


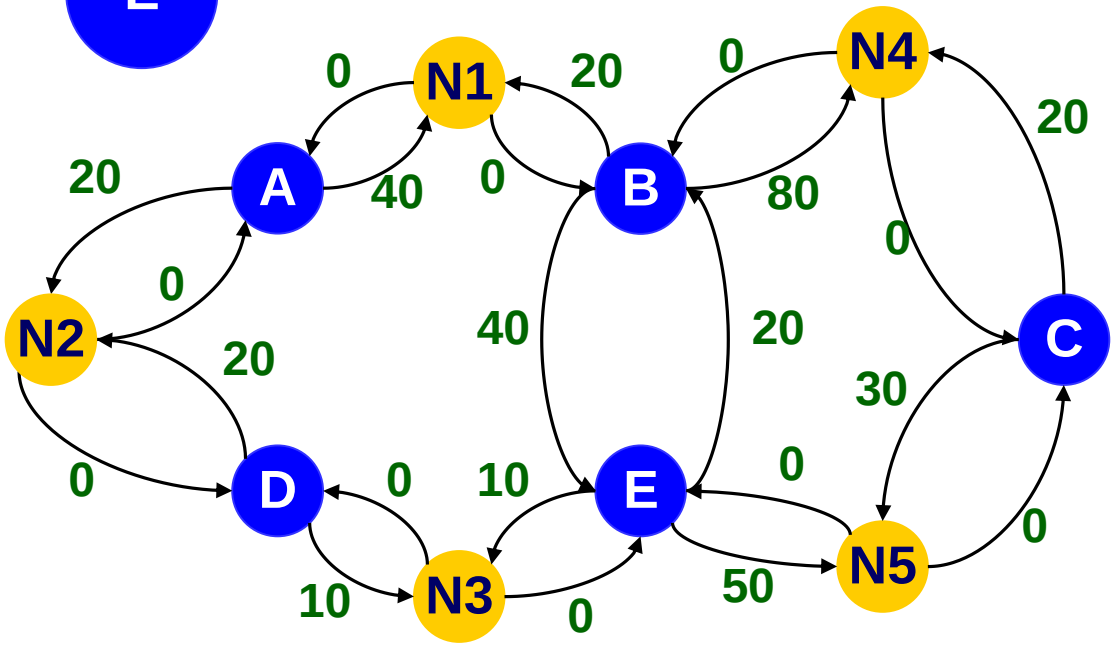
- Cada *router* asigna un coste a sus enlaces:
  - Coste asignado a la interfaz de salida
  - *Routers* compartiendo un mismo enlace pueden asignarle costes distintos:
    - Las rutas obtenidas pueden ser asimétricas

Funcionamiento de OSPF: Grafo de la topología (I)

- **Los *routers* crean una imagen de la topología completa de la red:**
  - **Creando un grafo dirigido**
  - **Cada arco tiene un coste asignado**
  - **Una conexión punto-a-punto se representa como 2 arcos, uno por cada dirección**
  - **Una red multiacceso (p.ej. una LAN) se representa con un nodo "virtual" para la red en sí misma, más un nodo para cada *router* conectado (en lugar de una malla completa)**
    - ✓ **Los arcos del nodo "virtual" de la red a los *routers* tienen coste 0**

Funcionamiento de OSPF:
Grafo de la topología (II)

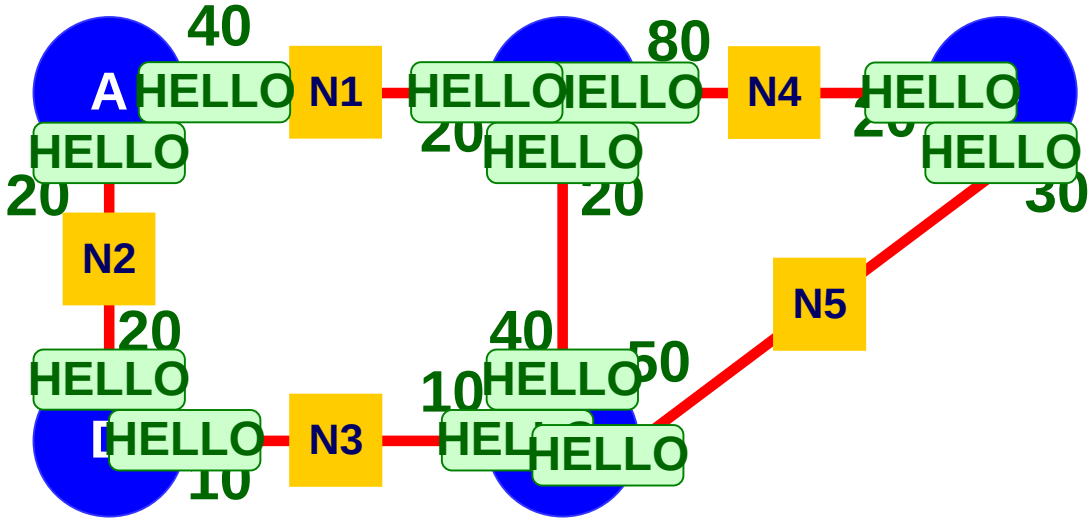




Funcionamiento de OSPF
Link State Advertisements (LSAs)

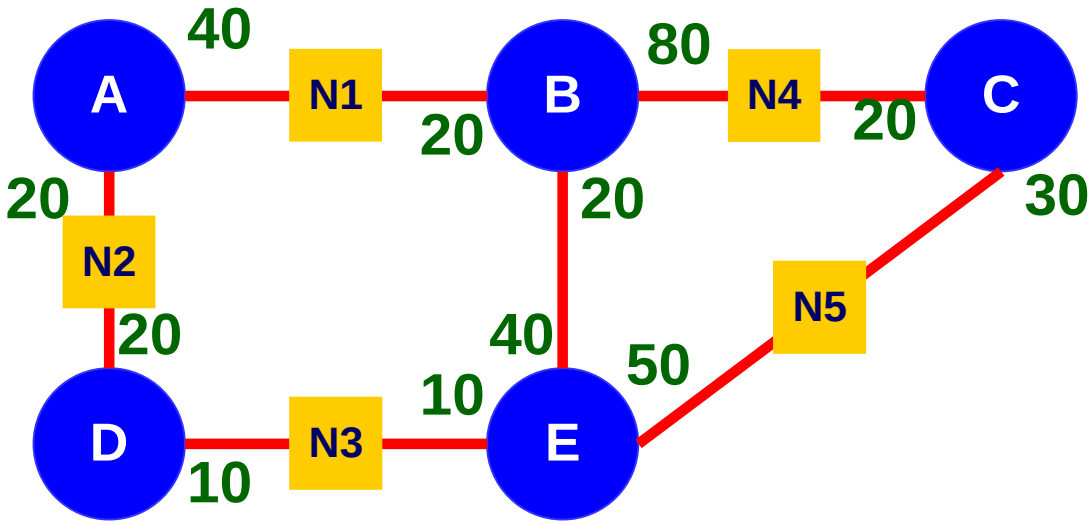
- **Los routers OSPF envían la información de estado de sus enlaces en *Link State Advertisements* (LSAs)**
  - **Los routers OSPF almacenan los LSAs recibidos**
- **Existen varios tipos de LSAs (OSPF define varios tipos de enlaces):**
  - **LSA 1 - *Router Links* (o *Router Link* LSAs o *Router*-LSAs)**
    - ✓ Cada *router* informa acerca de todos los enlaces a los que está conectado
  - **LSA 2 - *Network Links* (o *Network Link* LSAs o *Network*-LSAs)**
    - ✓ Contiene información acerca de todos los *routers* conectados la red multiacceso. Sólo el "*Router* Designado" (*Designated Router*, DR) anuncia este tipo de enlaces:
    - ✓ Este tipo de enlaces tiene siempre coste 0
  - **LSAs 3 y 4 - *Summary Links* (o *Summary*-LSAs):**
    - ✓ Tipo 3 - *Summary Link to Network* LSAs
    - ✓ Tipo 4 - *Summary Link to AS Boundary Router* LSA
  - **LSA 5 - *External Links* (o *External Link* LSAs o AS-*External*-LSAs)**
  - **… (más en una transparencia posterior)**

Funcionamiento de OSPF:
Descubrimiento de los vecinos (Protocolo HELLO)



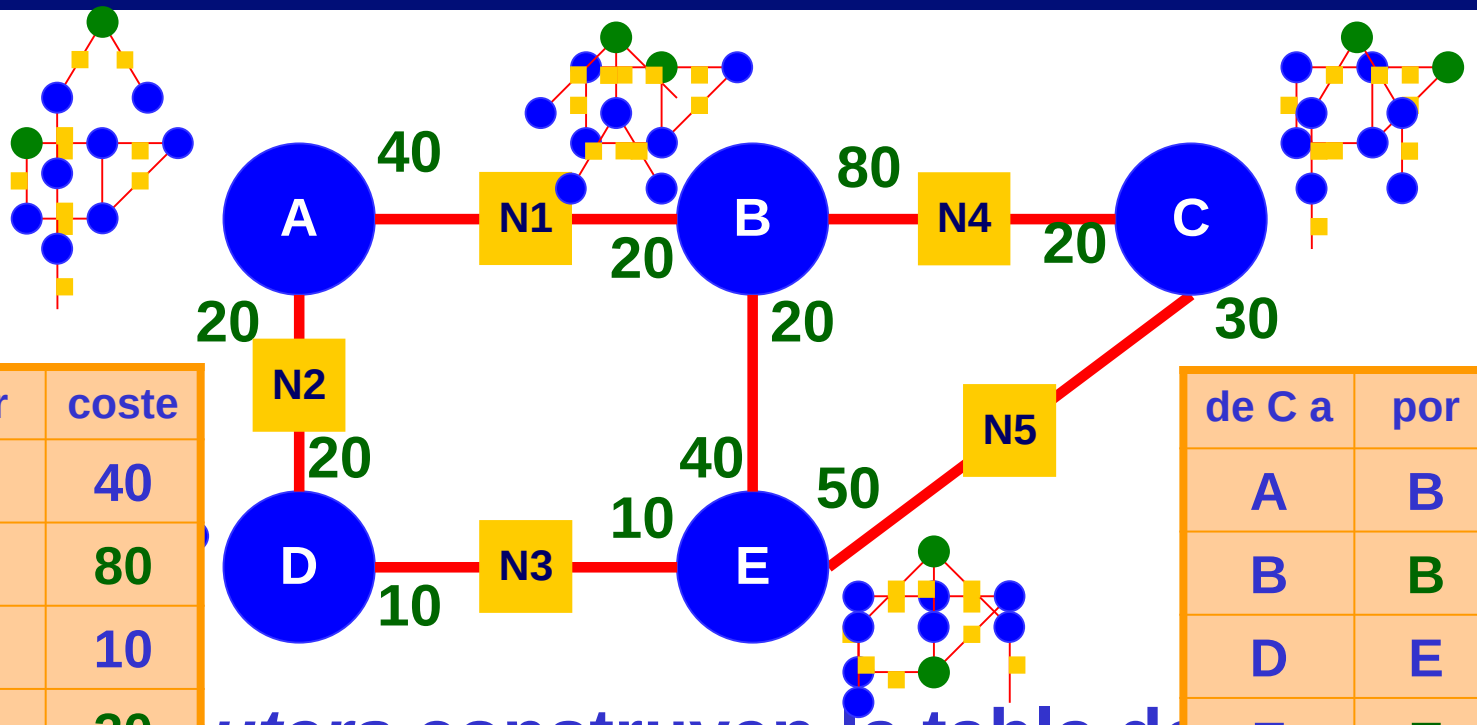
- Cada *router* OSPF envía mensajes HELLO a sus vecinos periódicamente (10-30 segs.), lo que permite:
  - Descubrir a los *routers* OSPF vecinos y comprobar que el enlace es bidireccional
  - Comprobar el estado de los enlaces (4x HELLO *time*)
  - En redes multiacceso: Elegir el *Router* Designado (*Designated Router*, DR) y el DR de respaldo (*Backup Designated Router*, BDR)

Funcionamiento de OSPF: Sincronización de las bases de datos



- **Los *routers* sincronizan sus bases de datos intercambiando paquetes *Database Description* (DD):**
  - **Un paquete DD incluye la lista completa de la descripción de los Anuncios de Estado de Enlace (*Link State Advertisements, LSAs*) que el *router* tiene en su base de datos**
  - **Los *routers* piden a su vecino aquellos registros de los que no dispone en su base de datos (o de los que tiene una copia anticuada)**
    - **Este sistema evita el intercambio de las bases de datos completas para lograr la sincronización**

Funcionamiento de OSPF:
Cálculo de la tabla de rutas



de A a	por	coste
B	B	40
C	D	80
D	D	10
E	D	30
N1	-	40
N2	-	20
N3	D	30
N4	D	100
N5	D	80

de C a	por	coste
A	B	40
B	B	20
D	E	40
E	E	30
N1	B	40
N2	B	60
N3	E	40
N4	-	20
N5	-	30

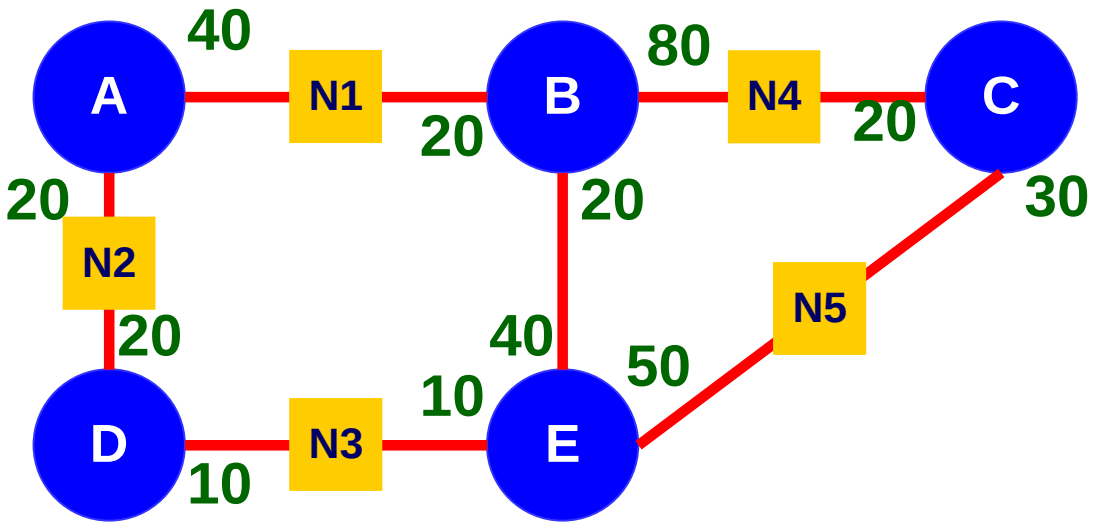
uters **construyen la tabla de**

se a la visión global de la red que tienen (c

ando el algoritmo de Dijkstra, calculan el ca

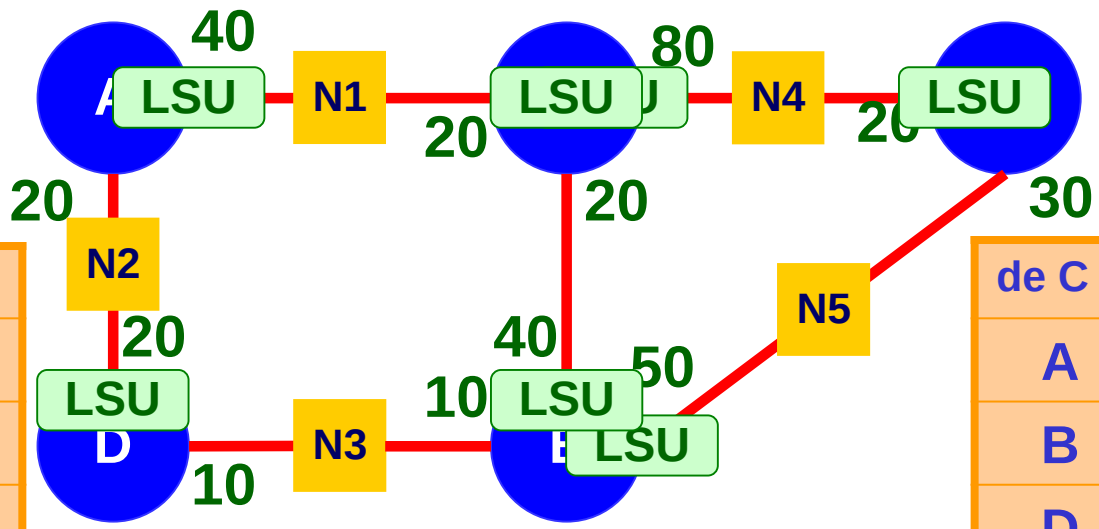
os los destinos en la red

Funcionamiento de OSPF:
Funcionamiento normal: Mantenimiento (I)



- **En estado estacionario (tras convergencia) los *routers* OSPF:**
  - **Envían periódicamente mensajes HELLO**
  - **Cuando detectan cambios, envían mensajes de Actualización de Estado de Enlace (*Link State Updates*, LSUs), que incluyen Anuncios de Estado de Enlaces (LSAs)**
  - **Procesan los LSAs que reciban (en LSUs):**
    - Recalculando la tabla de datos si es necesario

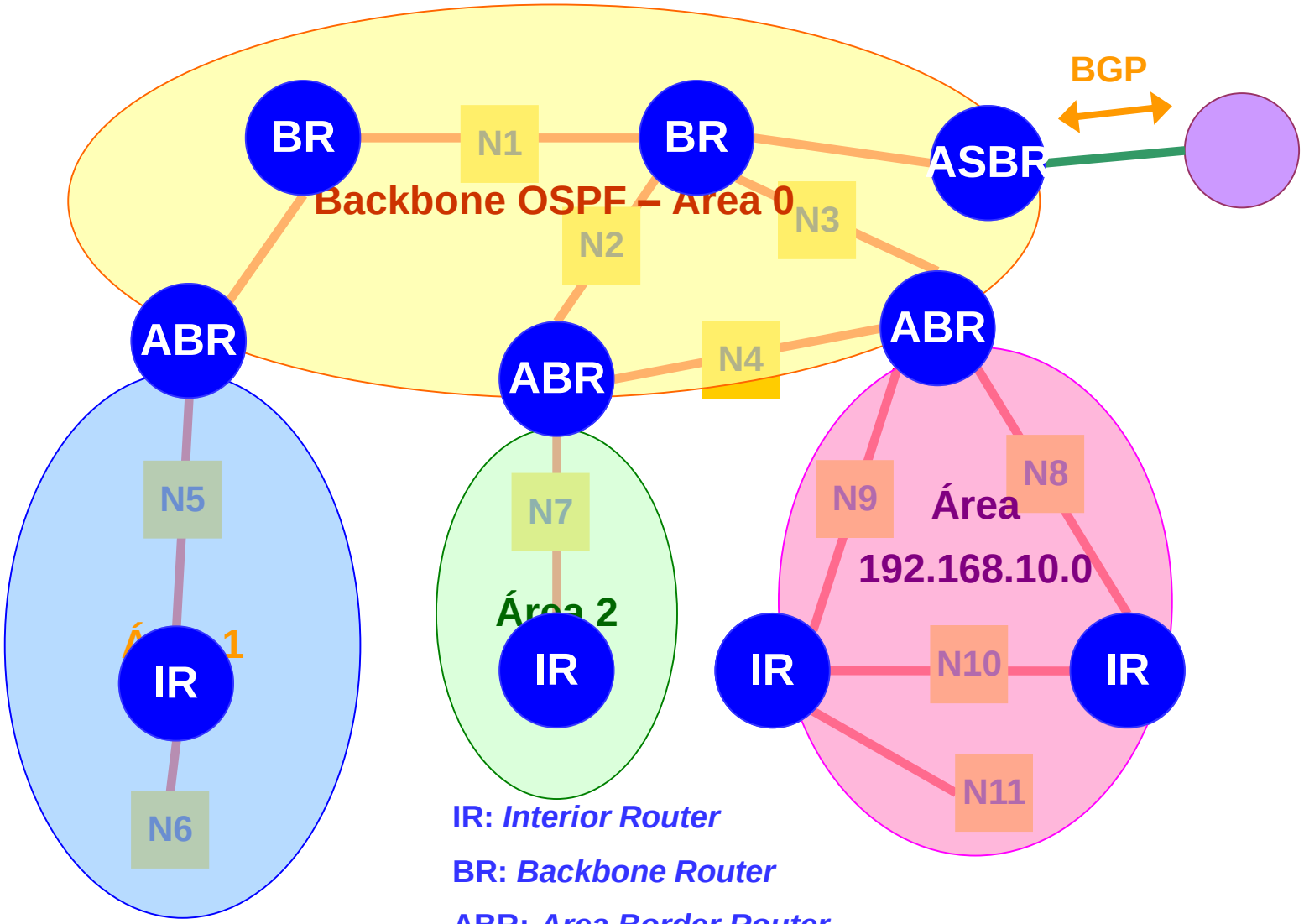
Funcionamiento de OSPF:
Funcionamiento normal: Mantenimiento (II)



de A a	por	coste
B	B	40
C	B	110
D	D	10
E	B	60
N1	-	40
N2	-	20
N3	D	30
N4	B	120
N5	B	110

de C a	por	coste
A	B	40
B	B	20
D	B	60
E	E	30
N1	B	40
N2	B	60
N3	B	70
N4	-	20
N5	-	30

Funcionamiento de OSPF:
Redes jerárquicas: Áreas en OSPF



IR: *Interior Router*

BR: *Backbone Router*

ABR: *Area Border Router*

ASBR: *Autonomous System Boundary Router*

Funcionamiento de OSPF: Tipos de LSAs

Tipo LSA	Propósito	Generado por	Inundado a
1 – *Router* LSA	**Describe los enlaces del *router***	**Todos los routers OSPF**	**Dentro del área a la que pertenece el router**
2 – *Network* LSA	**Describe red *broadcast* o multiacceso**	**DRs del enlace**	**Dentro del área a la que pertenece el router**
3 – *Summary* LSA	**Describe rutas inter-área**	**ABRs**	**Dentro del área a la que pertenece el ABR**
4 – ASBR *Summary* LSA	**Describe rutas hacia un ASBR**	**ABRs**	**Dentro del área a la que pertenece el ABR**
5 – AS *External* LSA	**Describe rutas externas al AS**	**ASBRs**	**Todas las áreas dentro de un AS (*)**
7 – NSSA *External* LSA	**Similar al Tipo-5, pero internas a un área de tipo NSSA**	**ASBRs**	**Dentro del área de tipo NSSA al que pertenece el ASBR**
6 – MOSPF **9-11 – Opaque LSAs**	**…**	**…**	**…**

Funcionamiento de OSPF: Tipos de Áreas OSPF (I)

- ***Área 0 (Backbone Area)***
  - **Sólo puede haber una por AS OSPF**
  - **Todas las Áreas tienen que estar conectadas a esta**
  - **Tránsito entre otras Áreas OSPF del AS o entre el OSPF AS y redes externas**
- ***Regular Areas***
  - **Se conectan al Área 0**
  - **Los siguientes tipos son modificaciones de éstas**
- ***Stub Areas***
  - **Ven información detallada de otras Áreas OSPF**
  - **Las rutas externas se resumen en una ruta por defecto (0.0.0.0/0), en un LSA de tipo 3 generado por el ABR del área**
  - **Los LSAs de tipo 4 y 5 no se propagan en este tipo de áreas**
    - ✓ **No puede contener ASBRs (ya que un Área *Stub* no permite LSAs de tipo 5)**

Funcionamiento de OSPF: Tipos de Áreas OSPF (II)

- ***Totally Stub Areas***
  - **Definidas por Cisco**
  - **Se usa una ruta por defecto para englobar (alcanzar) todo destino que no esté en el Área**
  - **Bloquean LSAs de 3, además de los LSAs de tipo 4 y 5**
- ***Not So Stubby Areas* (NSSA)**
  - **Definidas en la RFC 1587**
  - **Variante de Área *Stub*, capaz de conectarse a redes externas**
  - **Permite el anuncio de redes externas originadas en ASBRs del Área, mediante LSAs de tipo 7 dentro del Área**
  - **Los LSAs de tipo 7 se bloquean en los ABRs del Área (dónde pueden agregarse y traducirse a LSAs de tipo 5 antes de ser enviados al Área 0)**
- ***Totally Stubby Not So Stubby Areas***
  - **Definidas por Cisco, es una mezcla de una NSSA y una *Totally Stub***
  - **Agregan rutas de otras áreas (como una *Totally Stub*) y permiten gestionar rutas externas (como en una NSSA)**

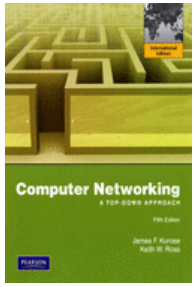
Open Shortest Path First
Resumen

- Protocolo de Estado de Enlaces
- Su funcionamiento puede resumirse en:
  - "Dile al mundo cómo son los enlaces a tus vecinos"
- Se compone de varias fases:
  - Comunicación: Descubrimiento de todos los *routers* y de pertenencia a un grupo
  - Algoritmo: Creación de la topología de red y cálculo del camino mínimo
- Más complejo que RIP, pero
  - Convergencia más rápida
  - No limita el tamaño de la red
  - Soporta jerarquizar la red

OSPF vs. RIP

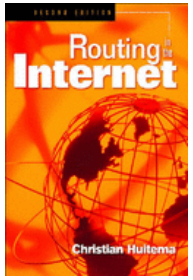
- **RIP**
  - Es un protocolo sencillo y fácil de implementar (sobre UDP)
  - Todos los *routers* lo implementan
  - No “escala” bien
  - Actualizaciones lentas
- **OSPF**
  - Funciona sobre IP directamente
  - Las actualizaciones son rápidas
  - “Escala” mejor que RIP
  - Permite balanceo de carga
  - Soporta “diferenciación del servicio”

Referencias



J. F. Kurose, K. W. Ross; "*Computer Networking, a top-down approach*", *5th edition*, Pearson – Addison Wesley, 2009

- **Secciones 4.5.1 y 4.6.2**
- **L/S 004.7 KUR**



C. Huitema, *"Routing in the Internet"*, Upper Saddle River : Prentice Hall PTR, 2nd *Edition*, 2000

- **Capítulo 6**
- **L/D 004.738.5.057.4 HUI**

G. Malkin, "*OSPF Version 2*", RFC 2328, Noviembre 1998

`http://www.ietf.org/rfc/rfc2328.txt`