

Cursul #2

Open Shortest Path First



Cuprins

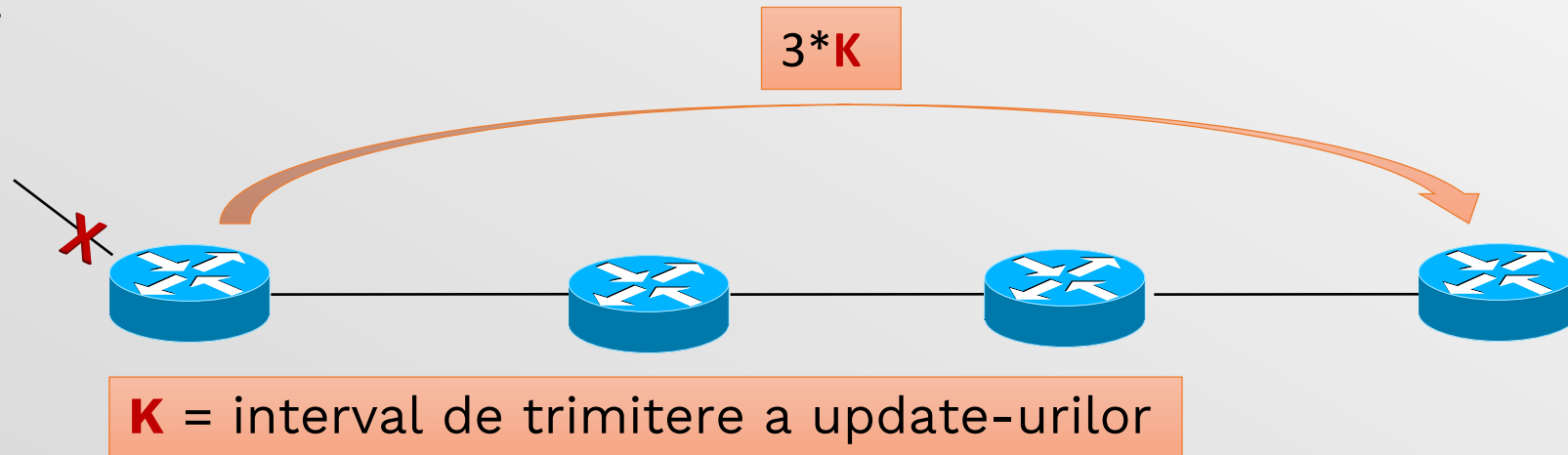
- Caracteristicile protoalelor Link-State
- OSPF Single area
- OSPF Multi area

Protocoloale de rutare link-state



Limitările Distance-Vector

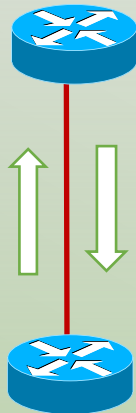
- Scalabilitate
 - Peste câte hopuri poate RIP să transmit un update de rutare?
- Convergență



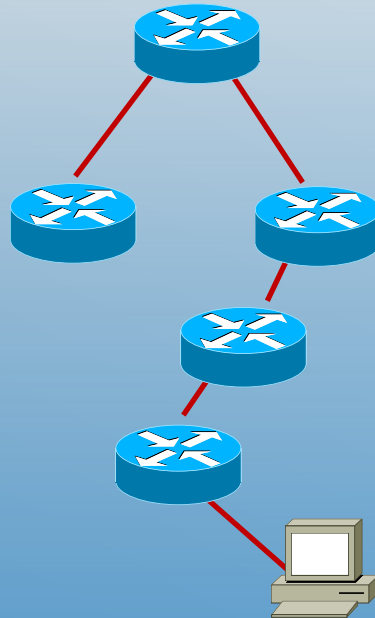
- Routing by rumour
 - Protocoalele DV nu au o viziune de ansamblu asupra rețelei
 - EIGRP păstrează mai multe căi către destinație?

Caracteristicile protocoalelor LS

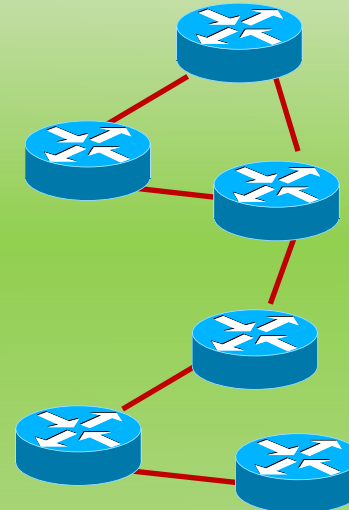
Relații între vecini



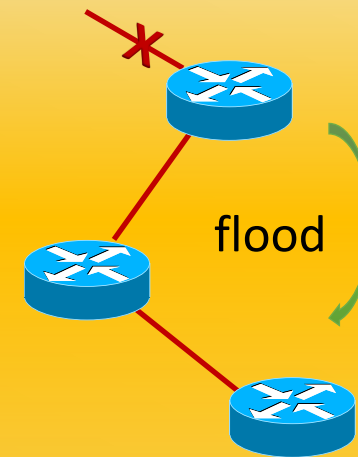
Vedere de ansamblu



Design ierarhic



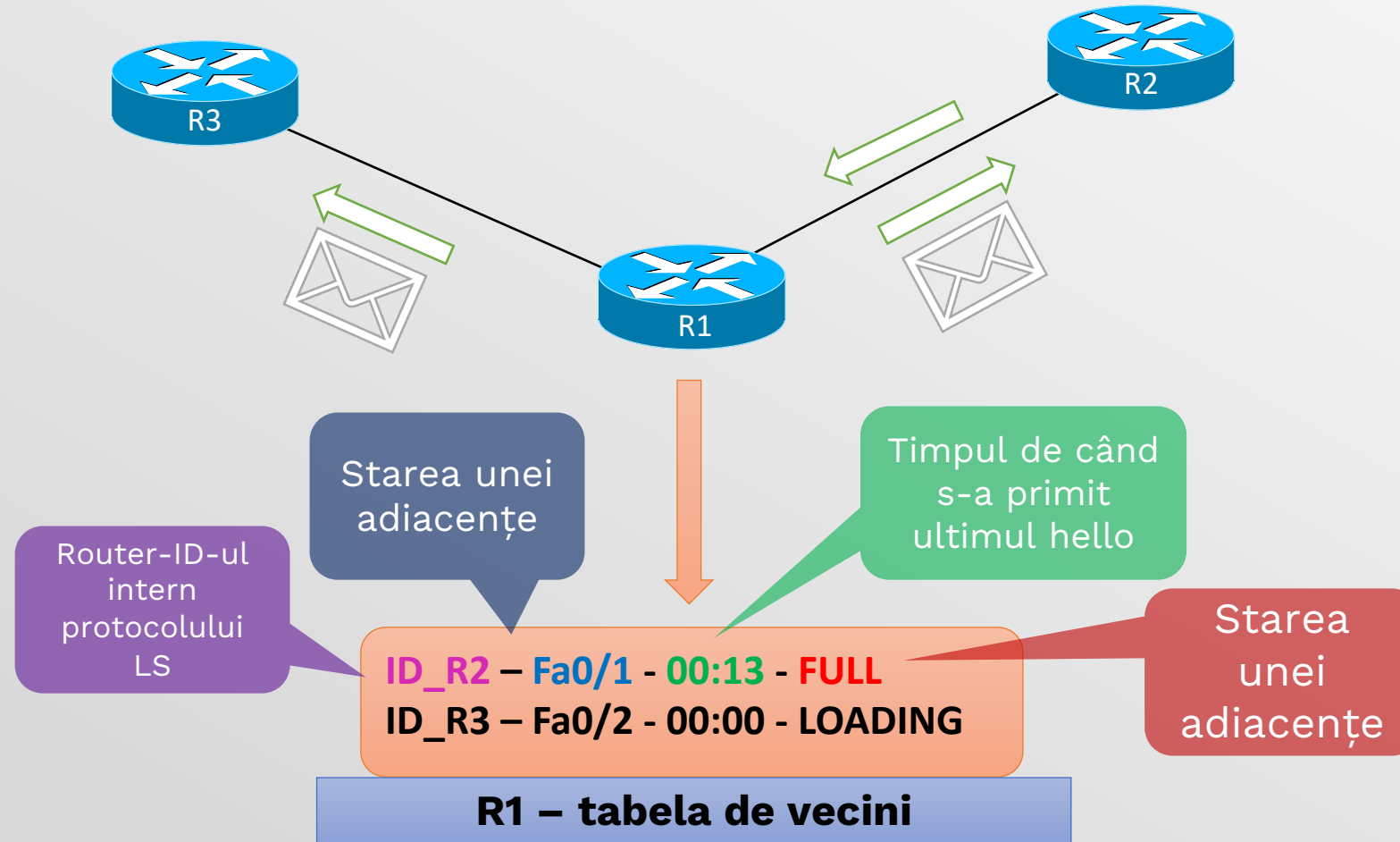
Convergență



Relații între vecini

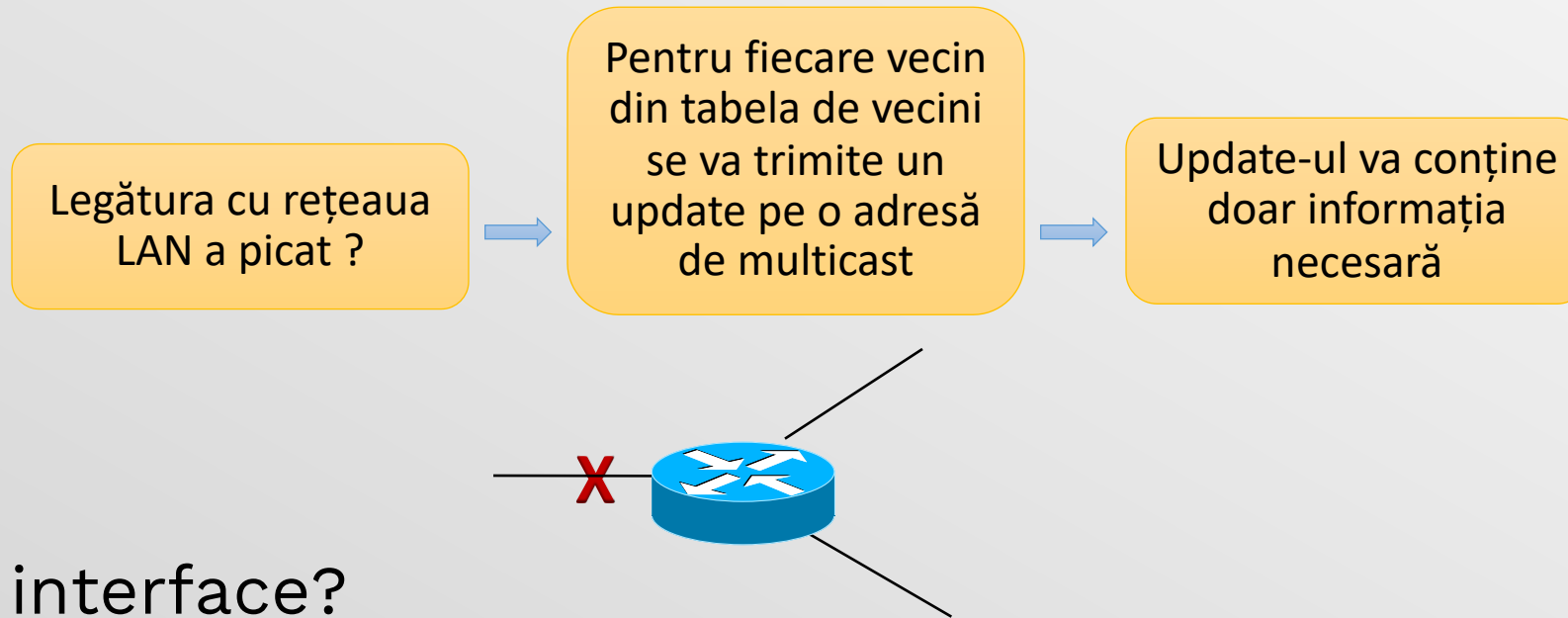
- Într-un protocol link state, 2 vecini direct conectați creează o **adiacență**
 - scopul este reacția rapidă la schimbările din rețea
- Protocolul **Hello**
 - se trimit mesaje periodice cu funcție de keep-alive și de sincronizare de parametrii (condiții de adiacență)
- Tabelă de vecini

Relații între vecini



Convergență

- Triggered updates – convergență foarte bună

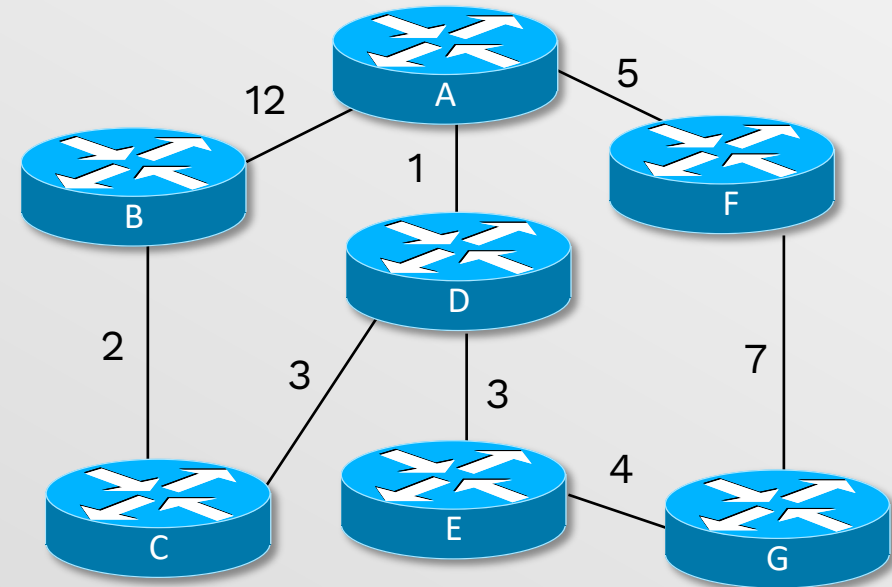


- Flapping interface?
 - În mod normal fiecare protocol link-state are un timer foarte mic pe care îl așteaptă înainte să recalculeze topologia

Algoritmul SPF

- Într-un protocol LS, un ruter păstrează toate rutele către destinație în **tabela de topologie**
- Protocolul de rutare folosește apoi algoritmul **Dijkstra** pentru a calcula cea mai scurtă cale către destinație

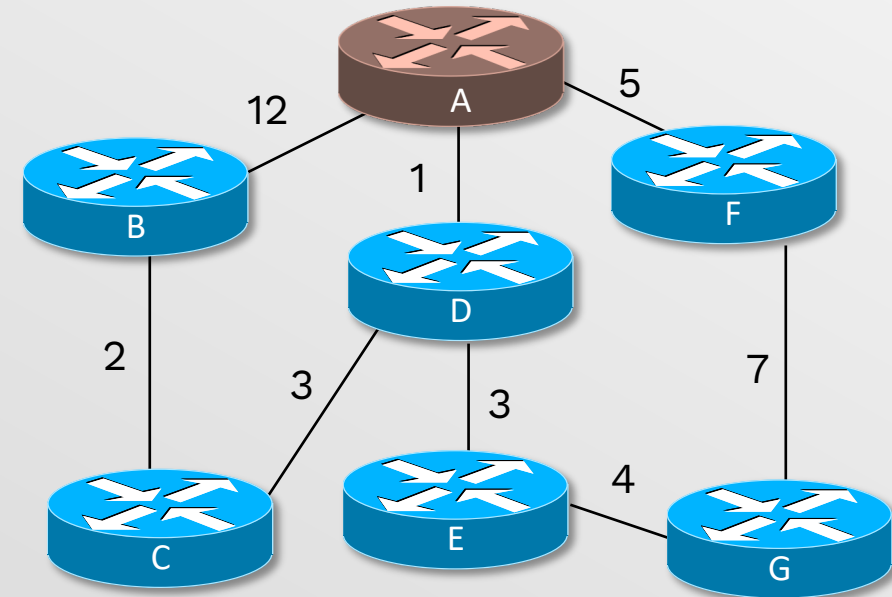
A	B - 12	D - 1	F - 5
B	A - 12	C - 2	
C	B - 2	D - 3	
D	A - 1	C - 3	E - 3
E	D - 3		
F	A - 5		
G	E - 4	F - 7	



Algoritmul SPF

- Folosind Dijkstra, fiecare ruter creează un arbore minim de acoperire în vârful căruia se pune pe sine

B	Dist = 6 (prin C)
C	Dist = 4 (prin D)
D	Dist = 1 (prin A)
E	Dist = 4 (prin D)
F	Dist = 5 (prin A)
G	Dist = 8 (prin E)



Pași în construirea SPF

Pasul 1 – adiacențe și rețele direct conectate

- Routerul stabilește adiacențe
- Routerul află rețelele direct conectate

Pasul 2 – LSP flood

- Se trimit mesaje speciale de tip LSP (Link State Packet) ce conțin rețelele direct conectate

Pasul 3 – popularea tabeli de topologie

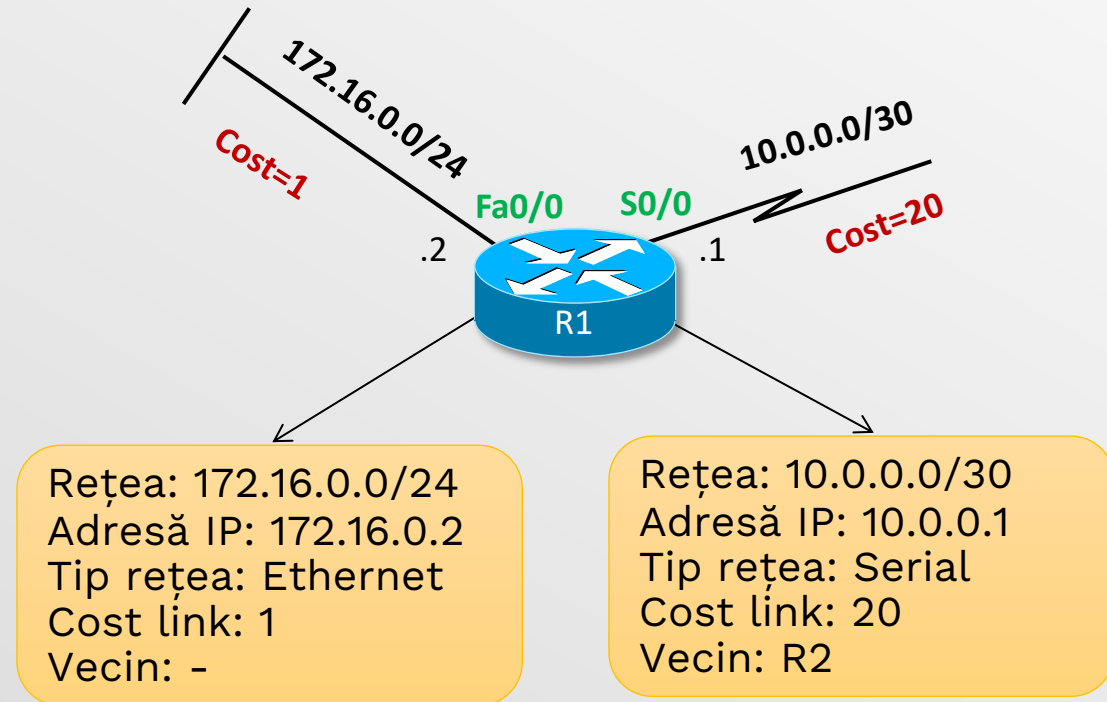
- Fiecare rețea primită într-un LSP are și un cost asociat
- **TOATE** rețelele primite în LSP se păstrează în tabela de topologie

Pasul 4 – Dijkstra

- Se rulează algoritmul lui Dijkstra pentru a afla drumurile minime până la toate rețelele destinație

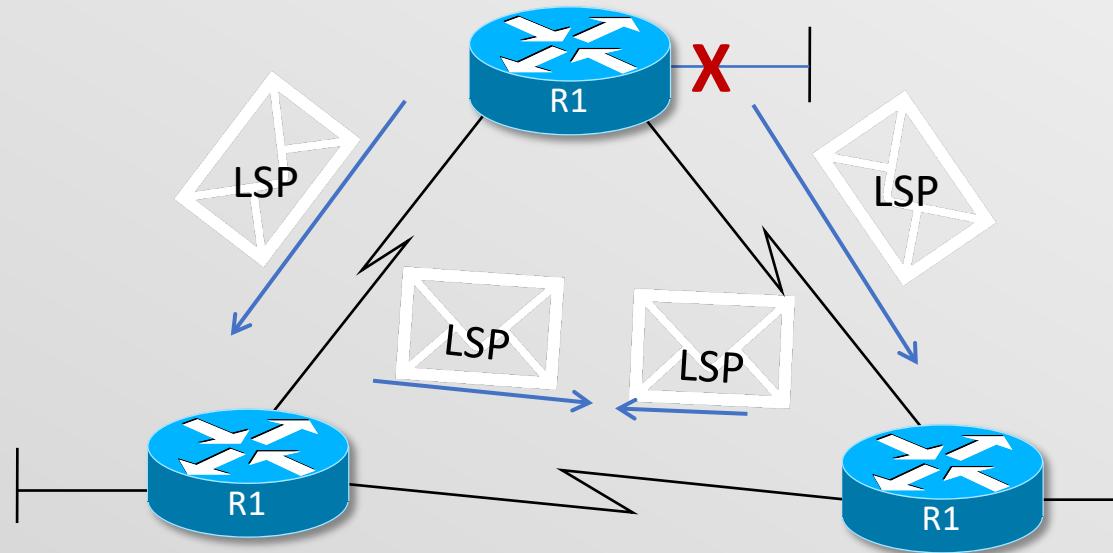
LSP

- Update-uri de rutare
- Link State Packet
 - ID vecin
 - tipul de link
 - cost link
 - starea link-ului



Transmiterea de mesaje LSP

- Mesajele LSP se trimit:
 - La inițializarea procesului de rutare
 - La apariția unei schimbări în topologie
 - Periodic la un interval mare de timp (în OSPF la 30 de minute)

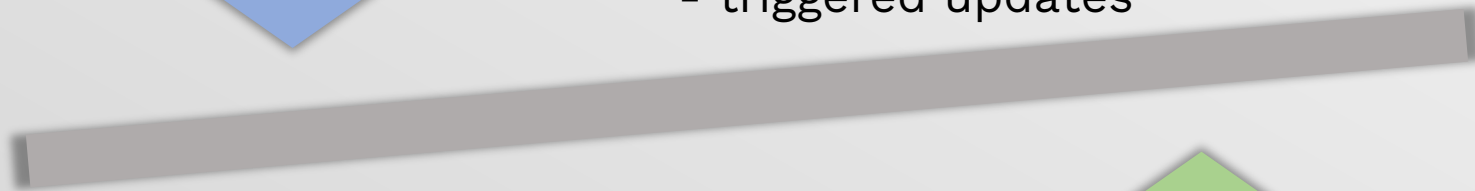


- Imediat ce un router primește un LSP, îl transmite mai departe la ceilalți vecini

Avantaje/Dezavantaje



- vedere unitară asupra rețelei
- convergență bună
- scalabilitate: mărimea bazei de date link-state poate fi optimizată printr-un design atent
- triggered updates



- necesită un grad de competență mai mare al administratorului de rețea
- consum de memorie
- consum mare de procesor
- consum de lățime de bandă



Conclusia?

- There is no silver bullet



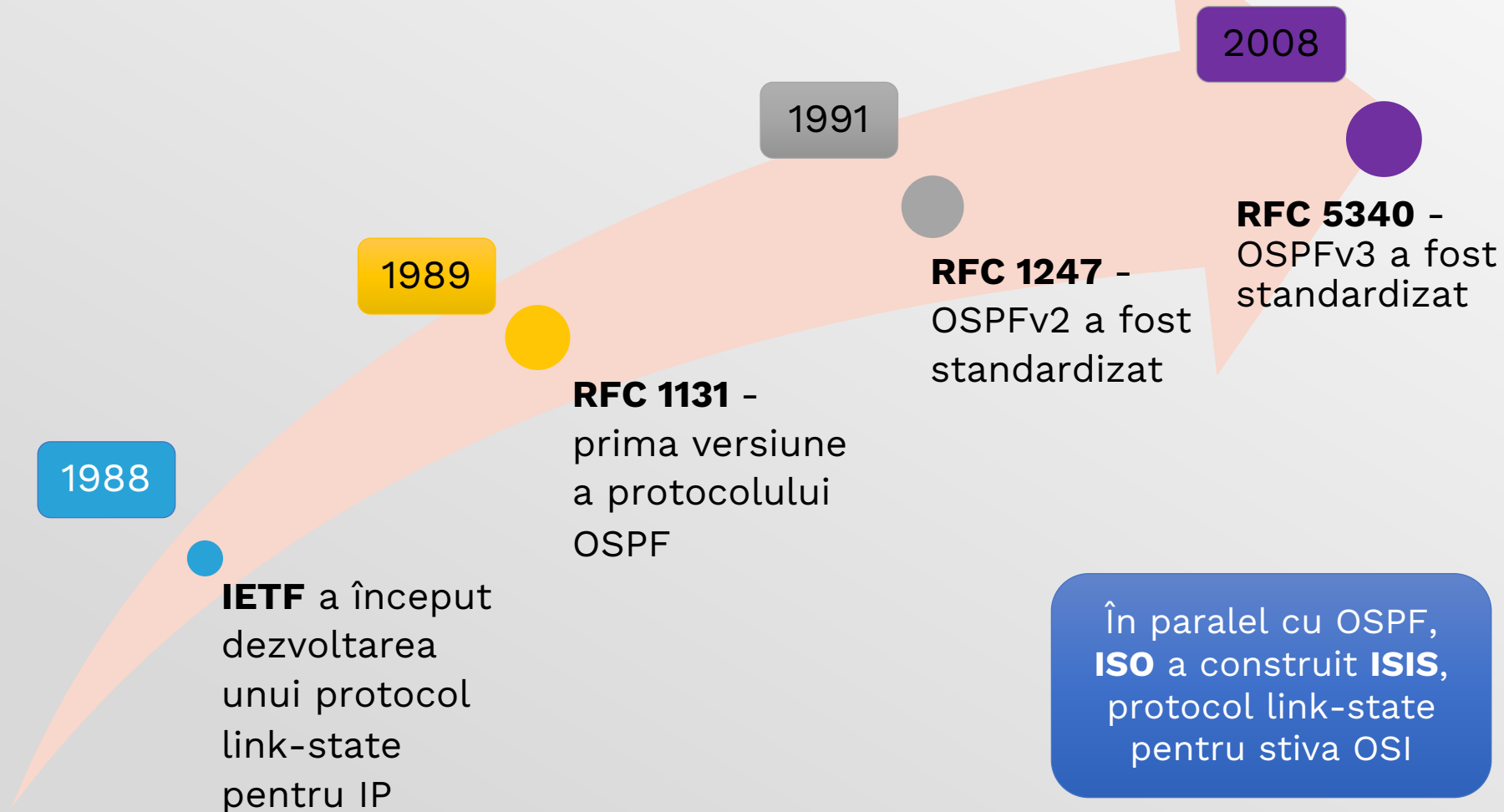
OSPF

Simple Area



PR
network crunch

Dezvoltarea protocolului OSPF



Caracteristici OSPF

- Nu folosește un protocol de nivel 4 pentru transportul mesajelor sale
 - Protocol **89** în antetul IP
 - Implementează intern un mecanism de ACK pentru transmiterea sigură a mesajelor
- Distanță administrativă 110
- Folosește adrese multicast pentru transmiterea mesajelor
 - 224.0.0.5 || FF02::5 – all OSPF routers
 - 224.0.0.6 || FF02::6 – DR and BDR
- Cost = $10^8 / \text{bandwidth}$

89

Data link header

IP Packet Header

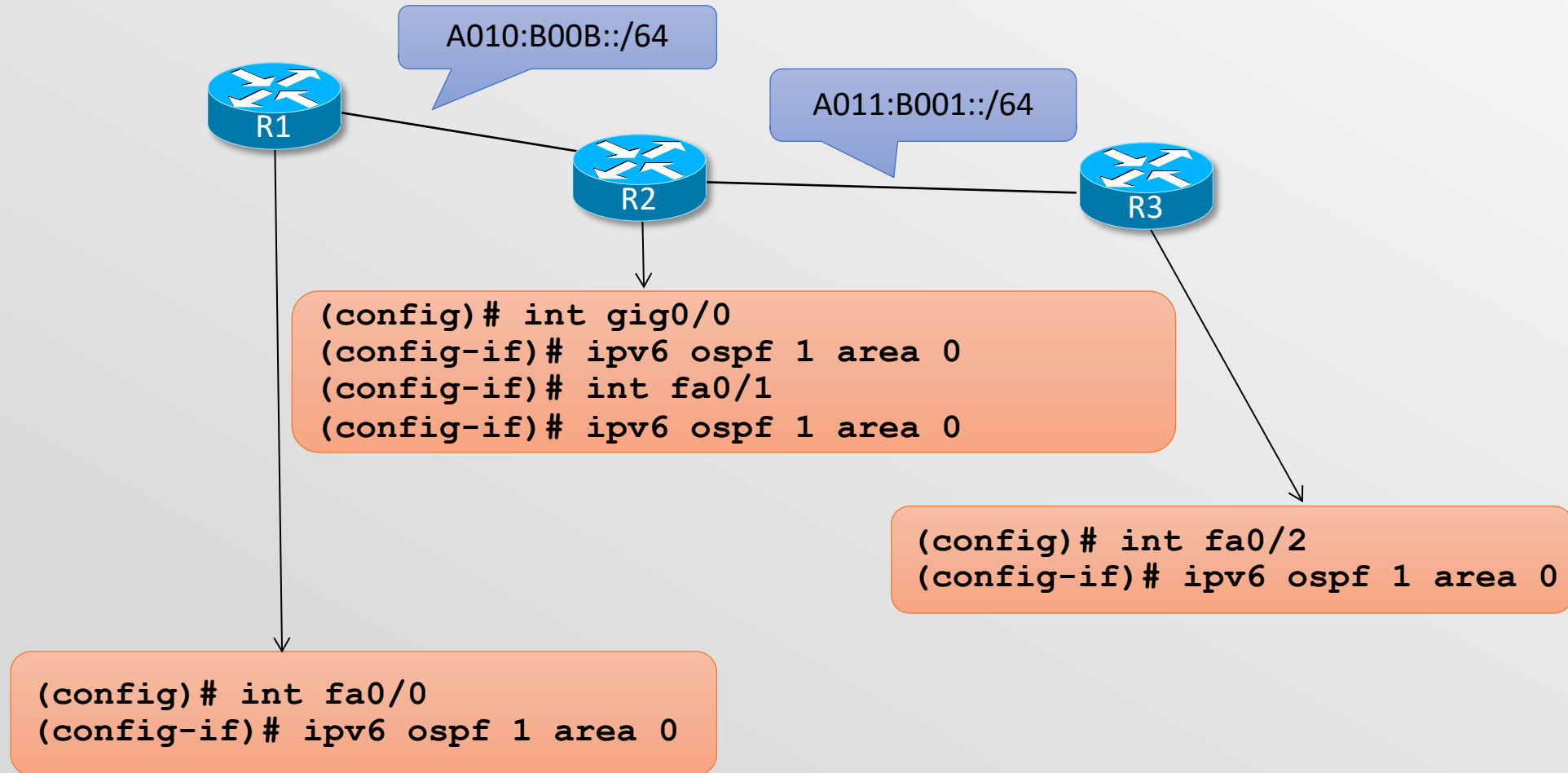
OSPF Packet Header

Activarea OSPFv3

- Numărul de proces
 - are semnificație locală
 - folosirea numărului de proces pentru a separa comunicarea OSPF nu este recomandată de CISCO
- OSPFv3 se activează per interfață
- OSPFv2 se activează din modul de configurare *router ospf*

```
R(config)# interface se0/0  
R(config-if)# ipv6 ospf <process-id> area <area-no>
```

Activarea OSPFv3

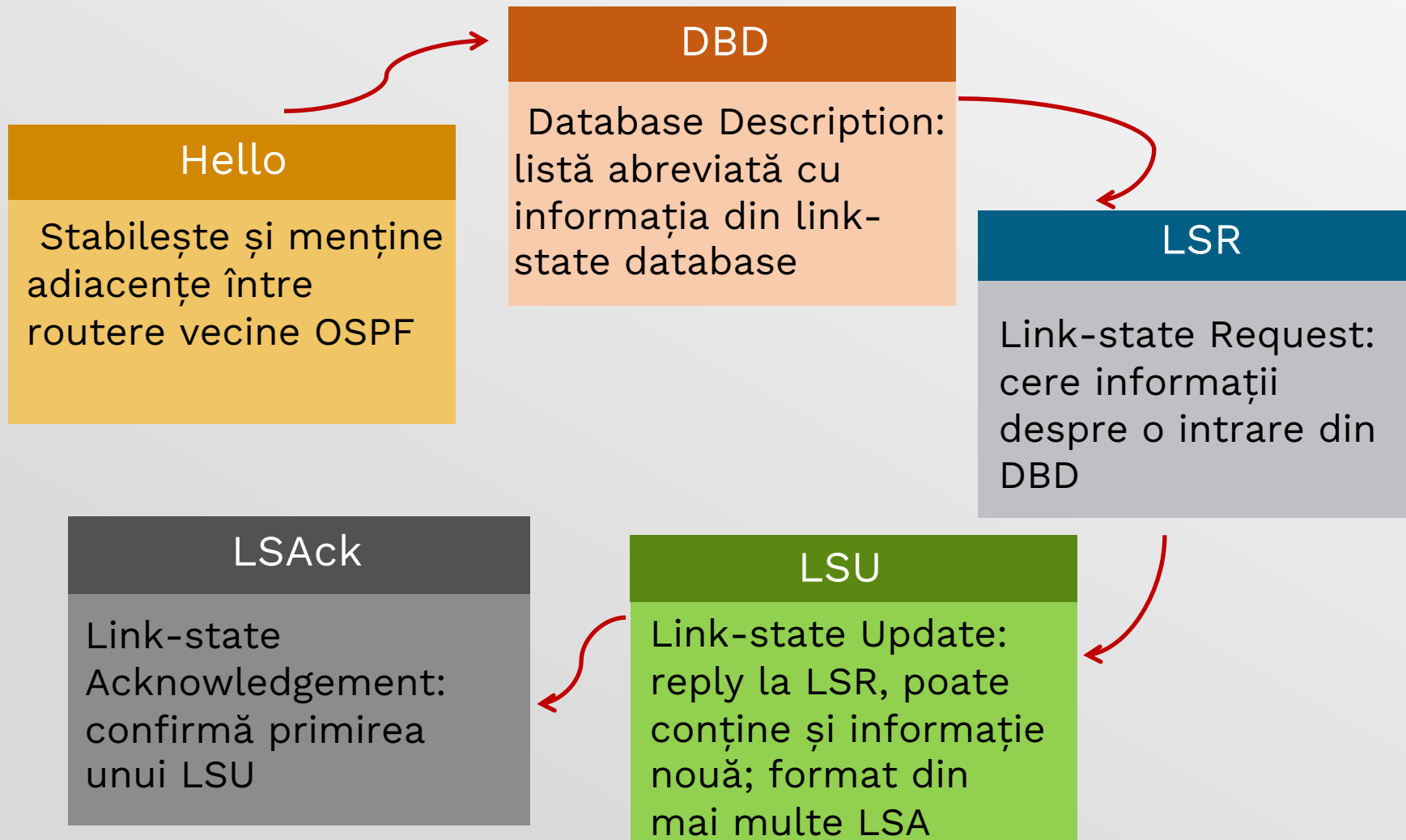


Metrica OSPF

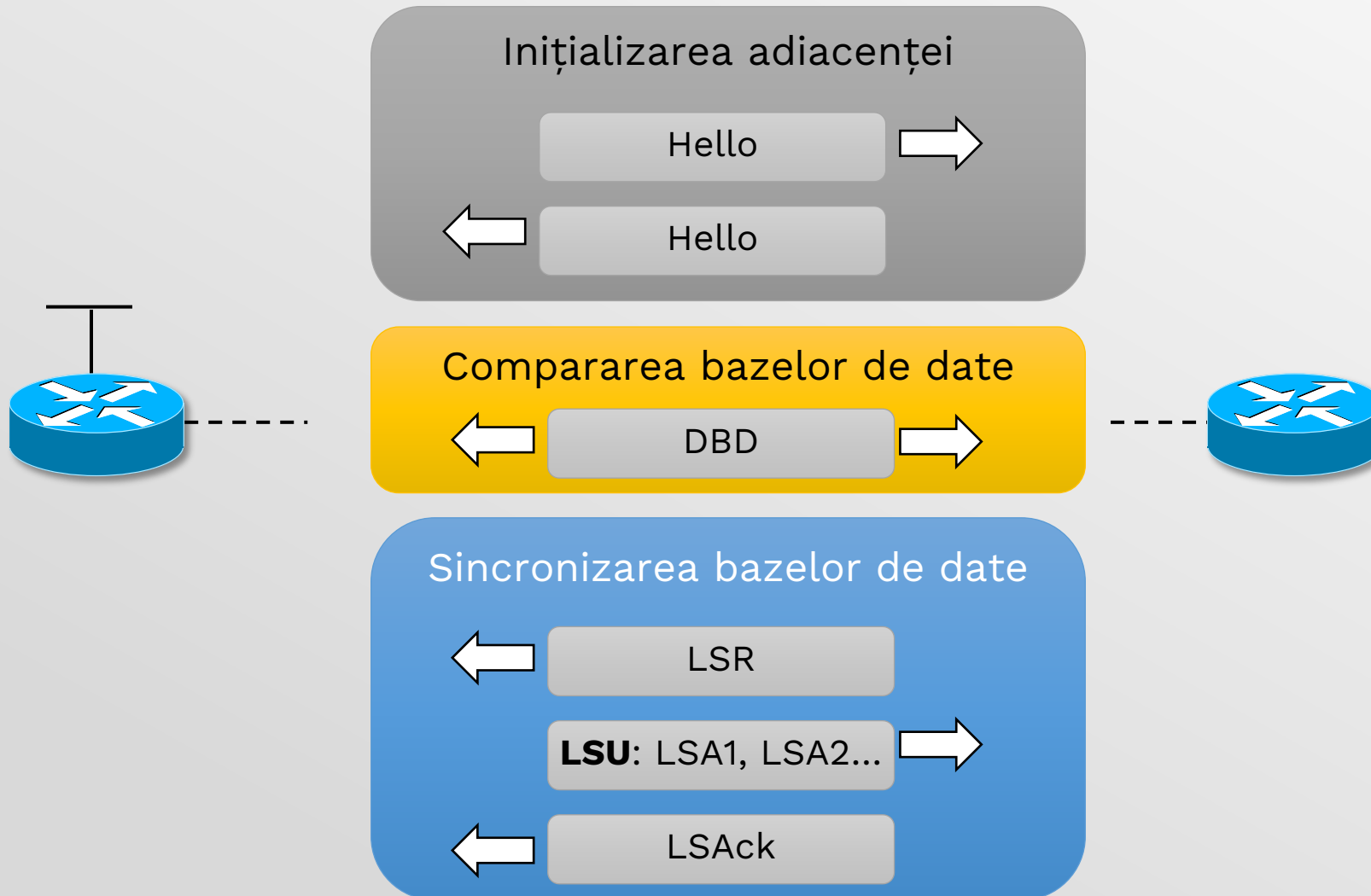
10^8
bandwidth

Mediu	Cost
56 kbps – serial	1785
T1 (1.544 Mbps – serial)	64
E1 (2.048 Mbps – serial)	48
4 Mbps Token Ring	25
Ethernet	10
16 Mbps Token Ring	6
100 Mbps Fast Ethernet	1
FDDI	
1 Gigabit Ethernet	
10 Gigabit Ethernet	

Tipuri de mesaje OSPF

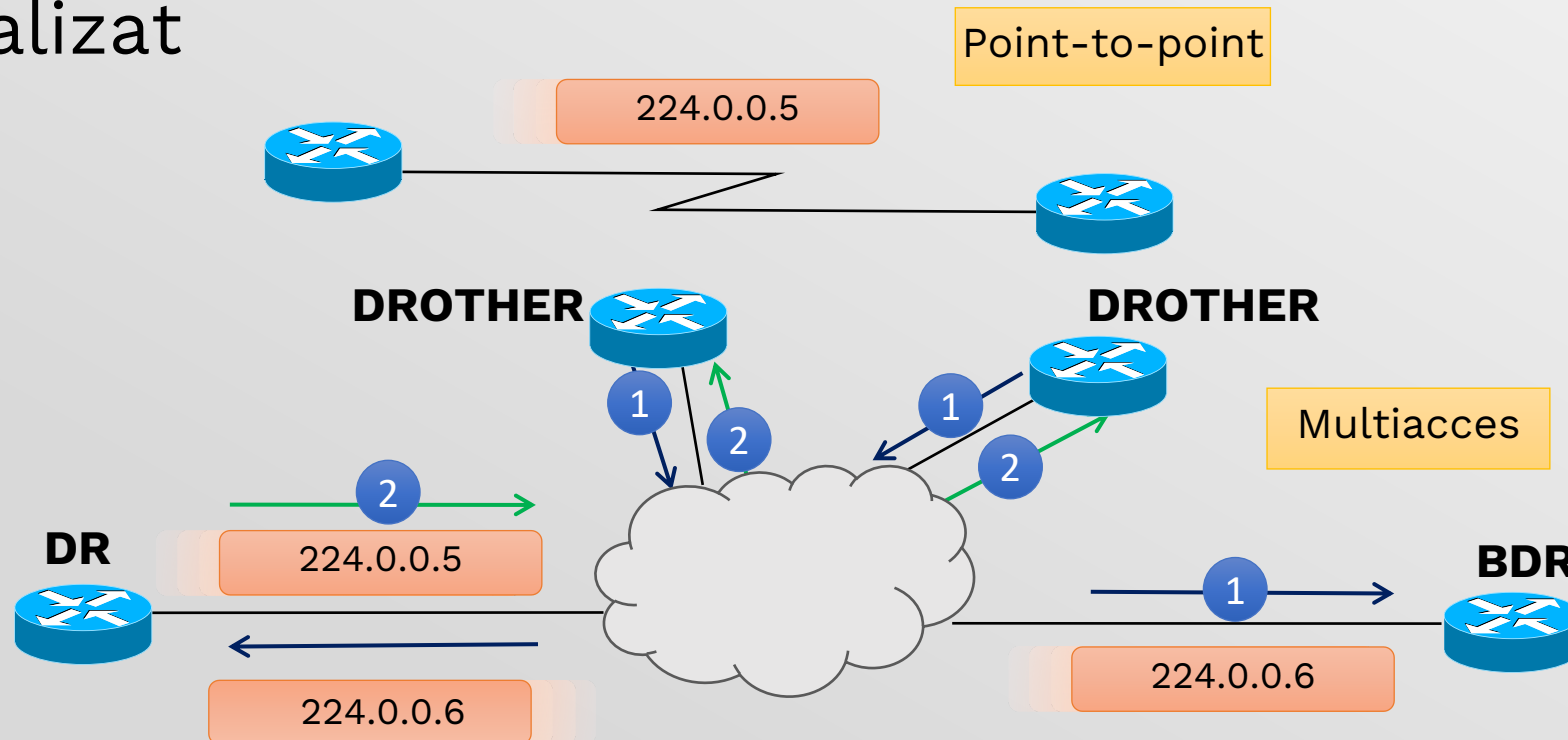


Comunicația OSPF



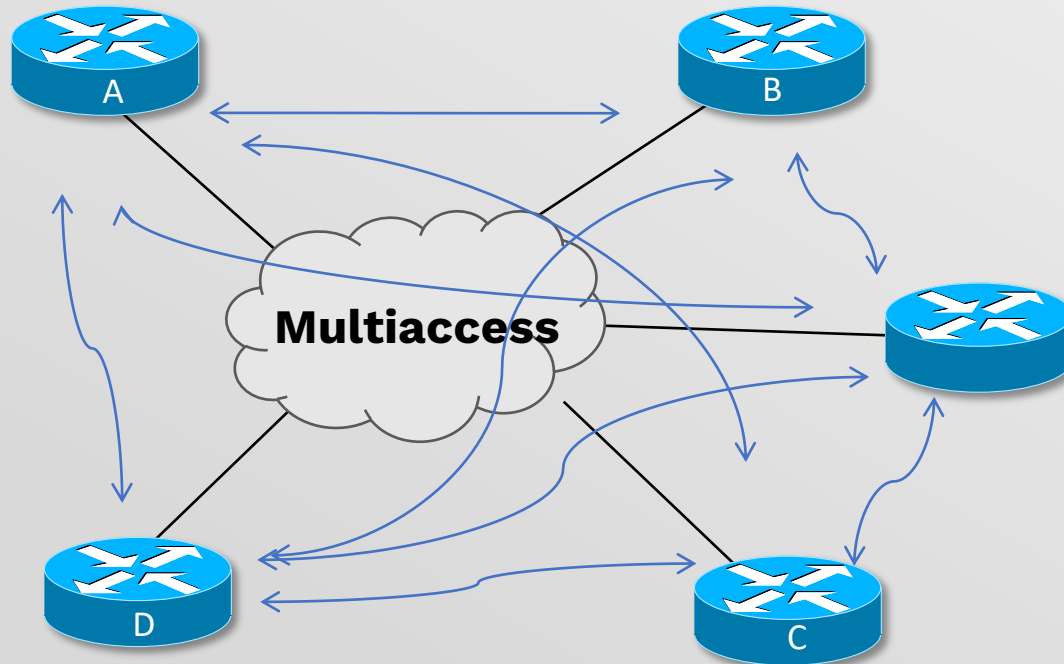
Transmiterea de update-uri

- Pentru rețele point-to-point se folosește adresa 224.0.0.5 || FF02::5 pentru update-uri
- În rețele multiacces, coordonarea update-urilor se face centralizat



De ce DR/BDR?

- Fără DR ar fi $n(n-1)/2$ adiacențe
- Cu DR sunt $(n-1)$ adiacențe + $(n-1)$ cu BDR = $2(n-1)$



Fără DR:
 $5(5-1)/2 = 10$ adiacențe
Cu DR:
 $2(5-1) = 8$ adiacențe

Alegerea DR

Criterii de alegere a DR-ului

Criteriul 1

- Prioritatea cea mai mare

Criteriul 2

- RouterID-ul cel mai mare

Alegerea DR nu este preemptivă

Criterii de alegere a RID-ului

Alegerea 1

- Setat manual

Alegerea 2

- Adresa loopbackului cu adresa IP cea mai mare

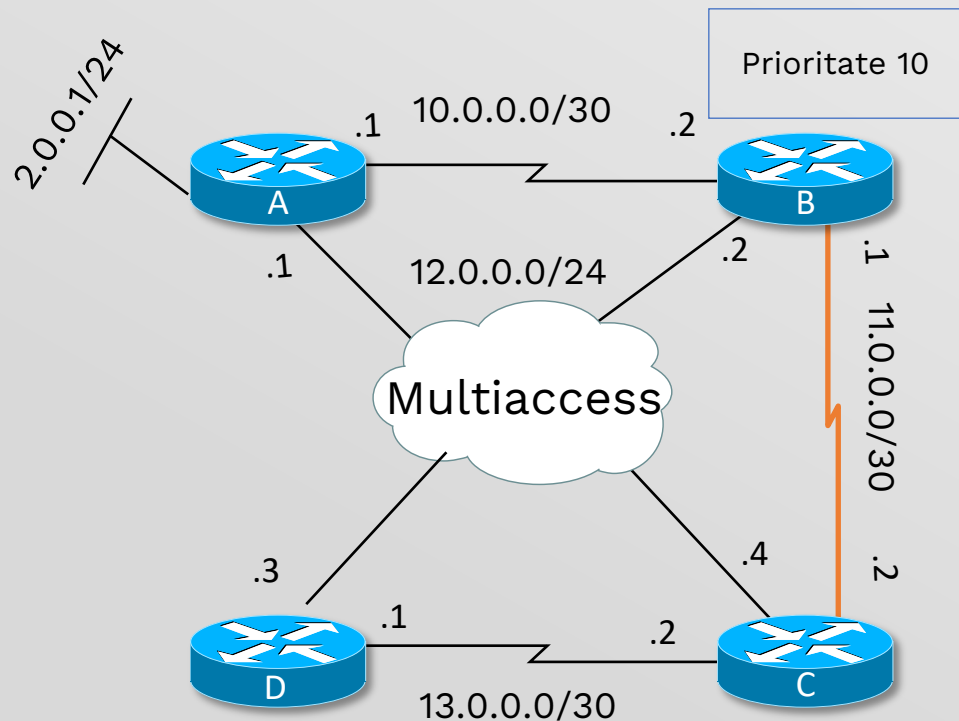
Alegerea 3

- Cea mai mare adresă IP de pe o interfață a routerului

Scenarii de alegere DR/BDR

- DR nu mai funcționează
 - BDR îi ia locul iar noul BDR este ales din DROthers conform criteriilor de alegere
- Apare un nou router în OSPF
 - Nu se întâmplă nimic, procesul este nepreemptiv
- BDR nu mai funcționează
 - Noul BDR este ales din DROthers conform criteriilor de alegere
- Nici DR, nici BDR nu mai funcționează
 - Se alege mai întâi un nou DR și apoi un nou BDR conform criteriilor de alegere

Exemplu alegere DR/BDR



Router ID **A**: 2.0.0.1
 Router ID **B**: 12.0.0.2
 Router ID **C**: 13.0.0.2
 Router ID **D**: 13.0.0.1

DR: B (prioritate 10 > prioritate default 1)
BDR: C (router-id cel mai mare)

Influențarea alegerii DR/BDR

- Modificarea priorității pe interfață
 - Are în mod implicit valoarea 1
 - Valoarea 0 înseamnă că ruterul nu poate participa în alegerea DR/BDR

```
R(config-if)# ipv6 ospf priority <prioritate>
```

- Modificarea router-ID-ului

```
R(config-router)# router-id <router-id>
R# clear ipv6 ospf processes
```

Protocolul Hello

- Descoperirea vecinilor și menținerea adiacențelor

Network Mask		
Hello Interval	Options	Router Priority
Dead Interval		
Designated Router		
Backup Designated Router		
Neighbour Router ID		
Neighbour Router ID		
<other fields of Neighbour Router ID, if necessary>		

- Timere(Hello_timer/Dead_timer)
 - Pentru rețelele multiacces și p2p: **10/40**
 - Pentru rețelele NBMA: **30/120**

Modificarea timerelor

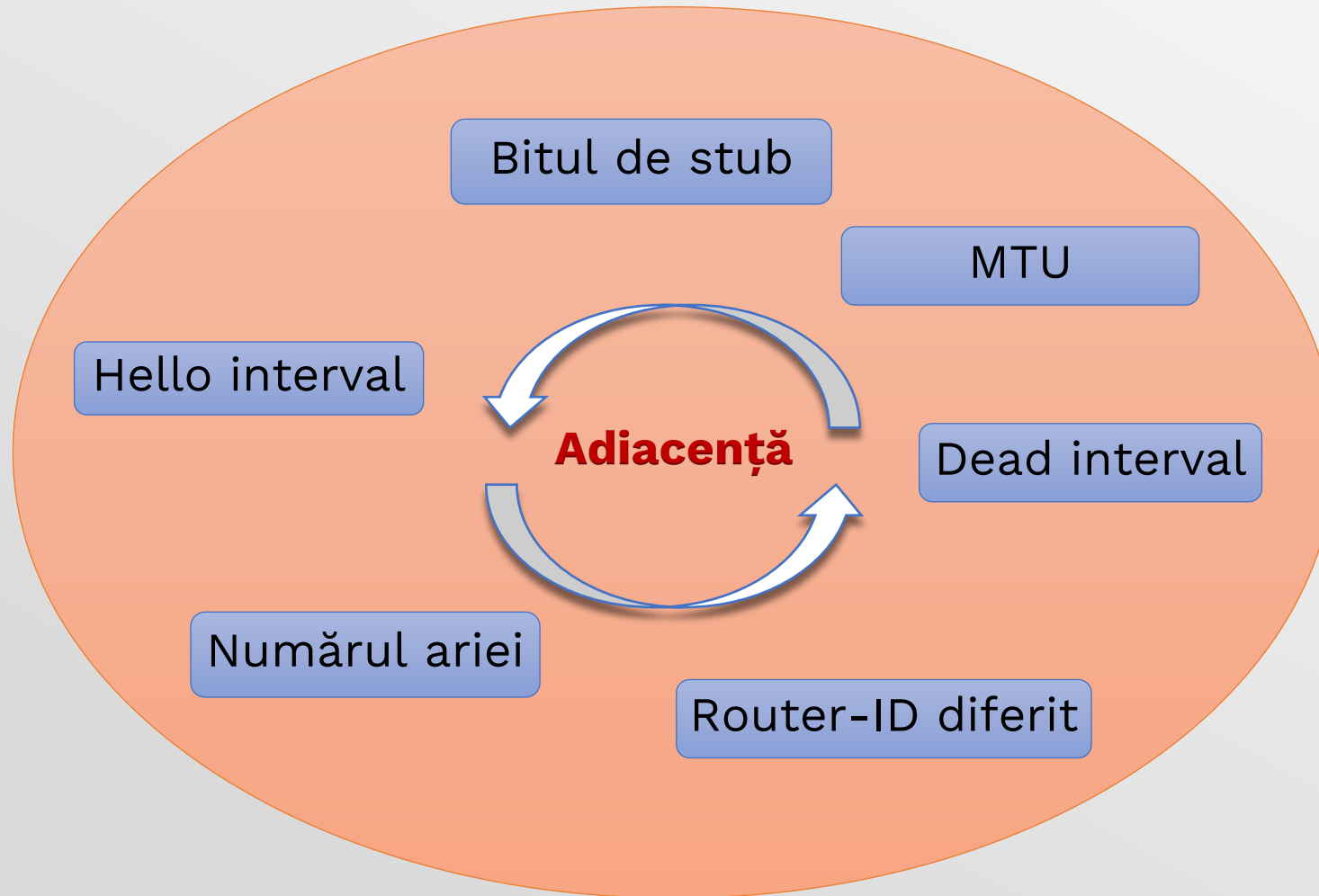
- Un LSA are max-age 60 minute
 - o dată la 30 minute se face flooding cu un LSU pentru fiecare LSA deținut

```
R(config-if)# ipv6 ospf hello-interval <time>  
R(config-if)# ipv6 ospf dead-interval <time>
```

Stările de adiacență OSPF

Init	Ruterul a trimis primul Hello și așteaptă un răspuns
Two-Way	Ruterul a primit un Hello ca răspuns de la vecinul său și a găsit router-id-ul său în câmpul de Neighbor Router ID din antet
Ex-start	Stabilirea statutului de master/slave pentru inițierea comunicării între rutere. Pentru rețelele multiaccess face alegerea DR/BDR.
Exchange	Se face sincronizarea bazelor de date folosind mesaje DBD, LSR și LSU
Full	Starea finală de adiacență în care toate LSDB-urile sunt sincronizate

Condiții de adiacența OSPF



OSPF

Multi Area

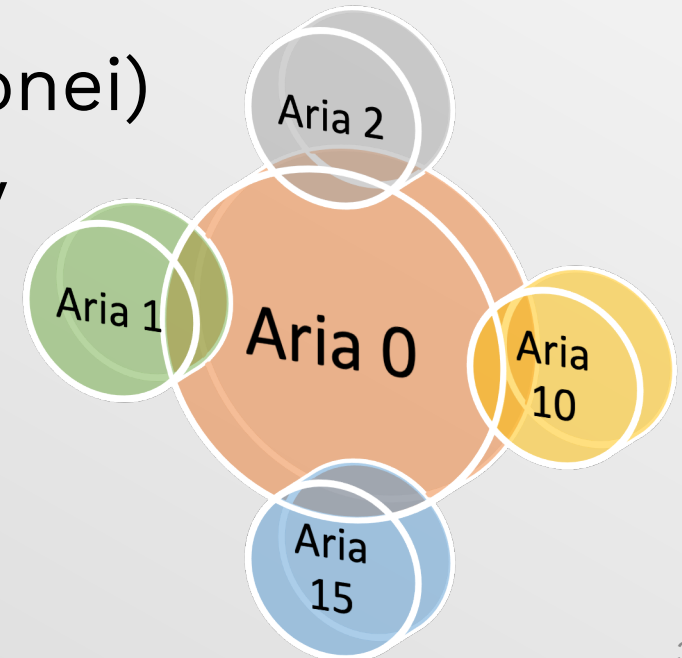


PR
network crunch

Scalabilitatea OSPF

- Cu cât avem mai multe rutere cu atât algoritmul Dijkstra rulează mai încet
- Soluție: împărțirea unui domeniu OSPF în mai multe zone
 - Fiecare zonă rulează algoritmul Dijkstra
- Pentru rețelele cunoscute în afara ariei (zonei) doar se adună distanța prin ruterul gateway al ariei (partial-Dijkstra)

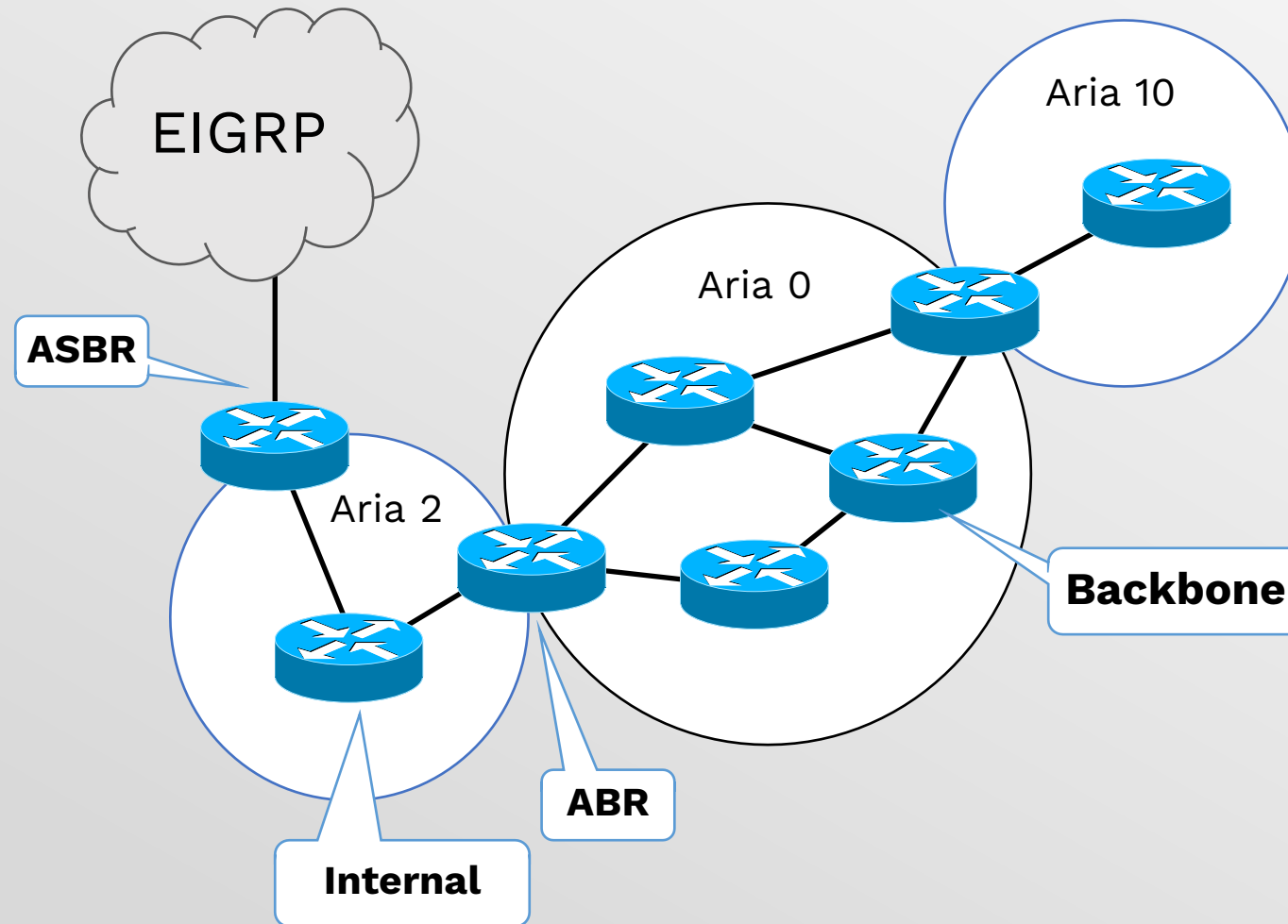
Toate ariile trebuie să aibă conectivitate la aria 0



Tipuri de rutere OSPF

- **Internal router** – un ruter ce face parte dintr-o singură arie
- **Backbone router** – ruter intern din aria 0
- **ABR (Area Border Router)** – ruter ce face legătura între 2 arii
 - ABR-ul are sincronizate bazele de date din ambele arii
- **ASBR (Autonomous System Border Router)** – ruter ce introduce rute externe în OSPF
 - e.g. pe care s-a dat comanda redistribute

Tipuri de rutere OSPF



Tipuri de LSA OSPF MA

- Pentru transmiterea de update-uri, se pot folosi 7 tipuri de pachete:
 - **Tipul1 - Ruter Link LSA:** generat de fiecare ruter pentru fiecare zonă din care face parte. Transmite starea legăturilor ruter-ului respectiv către toate ruter-ele din zonele respective (mesaj multicast)
 - Tipul 2
 - Tipul 3
 - Tipul 4
 - Tipul 5
 - Tipul 6
 - Tipul 7

Tipuri de LSA OSPF MA

- Pentru transmiterea de update-uri, se pot folosi 7 tipuri de pachete:
 - Tipul 1
 - **Tipul 2 – Network Link LSA:** generat de către DR și conține toate ruter-ele din acea rețea cu care DR are stabilită o relație de adiacență
 - Tipul 3
 - Tipul 4
 - Tipul 5
 - Tipul 6
 - Tipul 7

Tipuri de LSA OSPF MA

- Pentru transmiterea de update-uri, se pot folosi 7 tipuri de pachete:
 - Tipul 1
 - Tipul 2
 - **Tipul 3 – Network Summary LSA:** generat de către ABR, descrie legăturile dintre ABR și ruter-ele interne unei anumite zone. Sunt trimise în zona 0, către alte ABR, descriind rute către rețelele din zona locală conectată la ABR
 - Tipul 4
 - Tipul 5
 - Tipul 6
 - Tipul 7

Tipuri de LSA OSPF MA

- Pentru transmiterea de update-uri, se pot folosi 7 tipuri de pachete:
 - Tipul 1
 - Tipul 2
 - Tipul 3
 - **Tipul 4 – Network Summary LSA:** generat de ABR, descrie accesul către rutere ASBR
 - Tipul 5
 - Tipul 6
 - Tipul 7

Tipuri de LSA OSPF MA

- Pentru transmiterea de update-uri, se pot folosi 7 tipuri de pachete:
 - Tipul 1
 - Tipul 2
 - Tipul 3
 - Tipul 4
 - **Tipul 5 – Network Summary LSA:** generat de ABR, descrie accesul către rutere ASBR
 - Tipul 6
 - Tipul 7

Tipuri de LSA OSPF MA

- Pentru transmiterea de update-uri, se pot folosi 7 tipuri de pachete:
 - Tipul 1
 - Tipul 2
 - Tipul 3
 - Tipul 4
 - Tipul 5
 - **Tipul 6 - Multicast LSA:** Neimplementat pe ruter-ele Cisco
 - Tipul 7

Tipuri de LSA OSPF MA

- Pentru transmiterea de update-uri, se pot folosi 7 tipuri de pachete:
 - Tipul 1
 - Tipul 2
 - Tipul 3
 - Tipul 4
 - Tipul 5
 - Tipul 6
 - **Tipul 7 – NSSA External LSA:** create de ASBR și transmise în not so stubby areas (NSSA). Aceste LSA-uri vor fi convertite la LSA de tipul 5 de către ABR.

LSA extra OSPFv3

- LSA-urile 8 și 9 sunt responsabile pentru routerele IPv6
- Tipul 8 – Link LSA
 - Conține informații despre adresele link-local și lista adreselor IPv6 de pe link
 - LSA este flooded doar pe link local
- Tipul 9 – Intra-Area LSA
 - Conține prefixele pentru ariile stub

Tabela de rutare

- Rutele OSPF pot avea mai multe coduri în tabela de rutare
 - **O**: rute din aceeași zonă, învățate prin LSA-uri de tip 1 și 2
 - **O IA**: rute inter-area, învățate prin LSA de tip 3
 - **O E1** și **E2**: rute externe, învățate prin LSA-uri de tip 5
 - **O N1** și **N2**: rute externe, învățate prin LSA-uri de tip 7
- Rutele externe **E1** și **E2** sunt diferite din perspectiva costului, astfel
 - **E1**: costul este cumulativ
 - **E2**: cost constant, default 20
- Dacă sunt 2 rute **E1** și **E2** către aceeași destinație, vor fi preferate rutele **E1**

Virtual Links

- Atunci când o zonă nu poate fi conectată direct la zona de backbone, se poate configura o legătură virtuală
- Restricții de configurare:
 - o legătură virtuală trebuie realizată între două rutere care au o zonă comună
 - unul din cele două rutere trebuie să fie conectat la zona de backbone
- Pentru simplitate, se poate folosi și un tunel GRE

Sumar

Protocoale
Link-State

OSPF
Single
Area

Protocoale
Distance-
Vector

OSPF
Multi
Area

