



Open Shortest Path First

Proiectarea rețelelor

Cuprins

- ▶ Caracteristicile protocoalelor Link-State
- ▶ OSPF single area
- ▶ OSPF multi area



Protocoale de rutare link-state

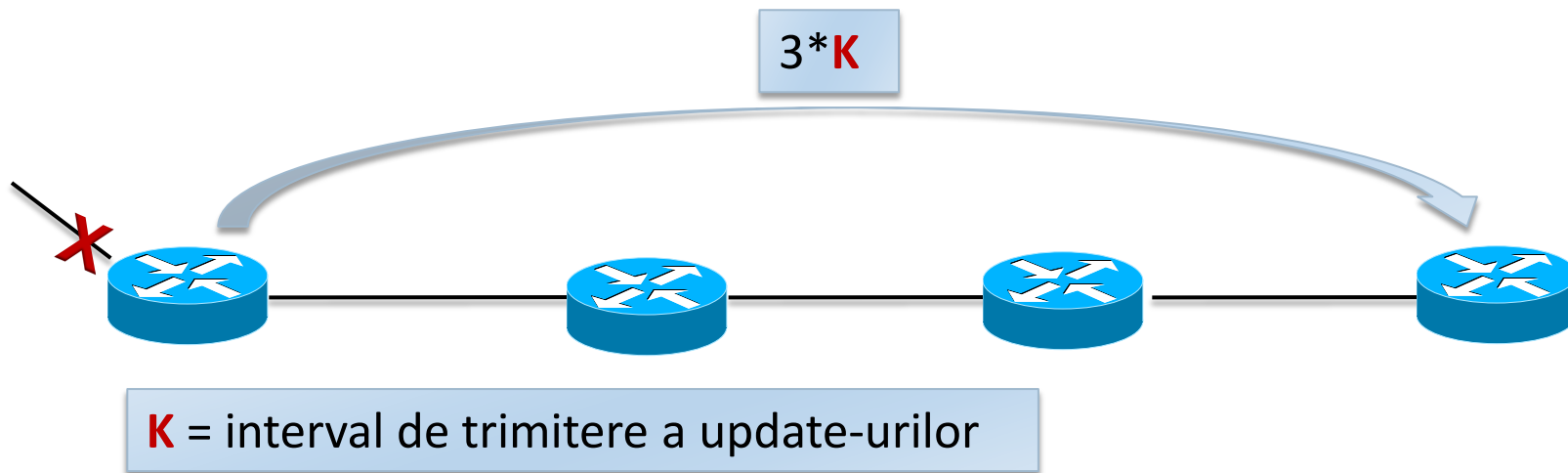


Limitările Distance-Vector

▶ Scalabilitate

- ▶ Peste câte hopuri poate RIP să transmită un update de rutare?

▶ Convergență



▶ Routing by rumor

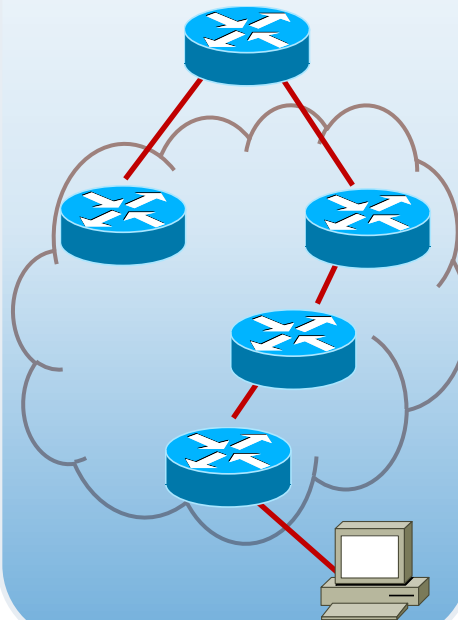
- ▶ Protocoalele DV nu au o viziune de ansamblu asupra rețelei
- ▶ **EIGRP** păstrează mai multe căi către destinație?

Caracteristicile protoalelor LS

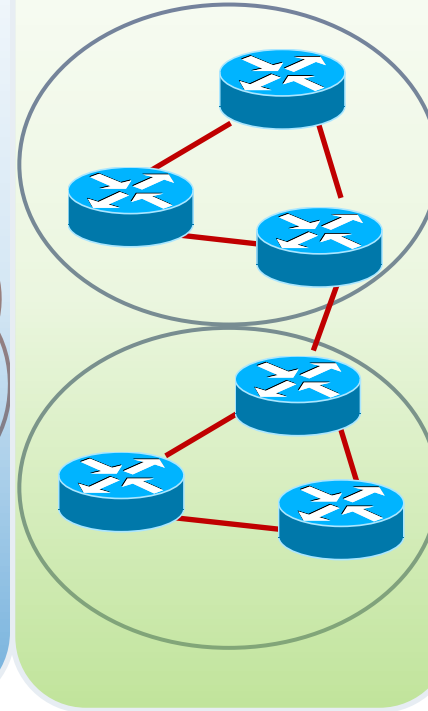
Relații între vecini



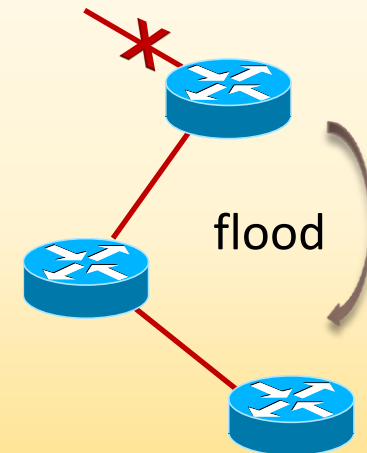
Vedere de ansamblu



Design ierarhic

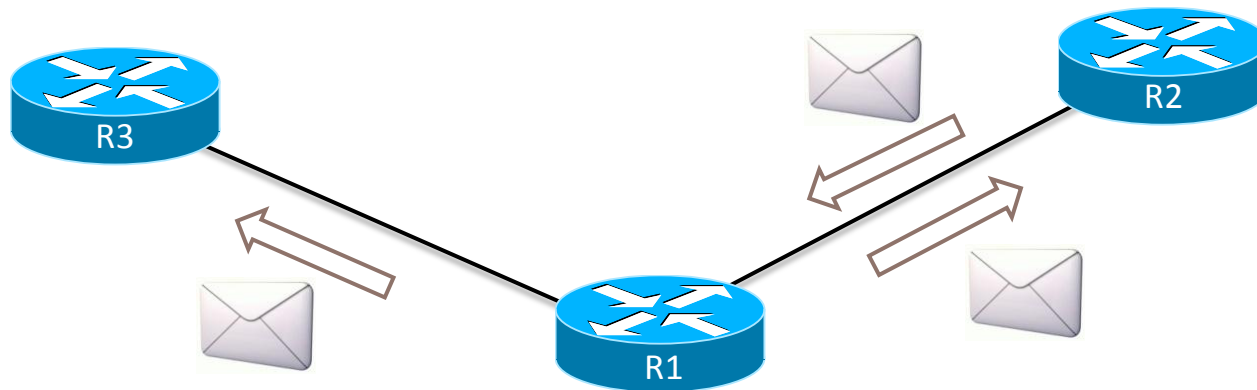


Convergență



- ▶ 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 parametri (condiții de adiacență)
- ▶ Tabelă de vecini

Relații între vecini



Router-ID-ul intern protocolului LS

Starea unei adiacențe

Timpul de când s-a primit ultimul hello

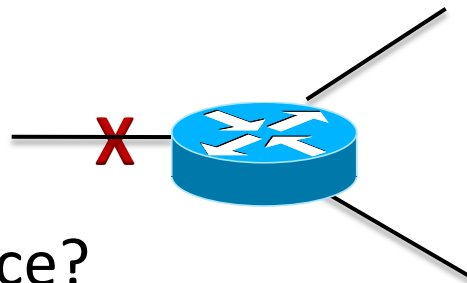
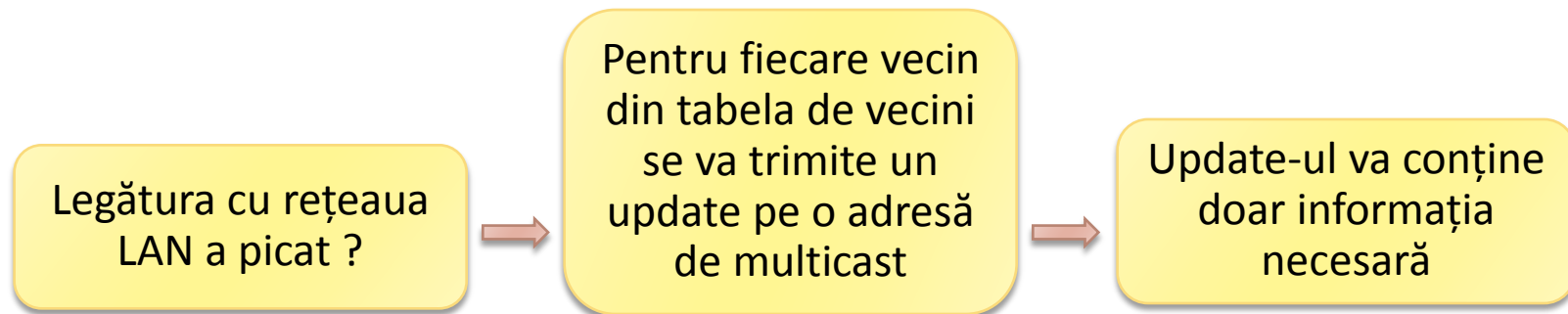
Starea unei adiacențe

```
ID_R2 – Fa0/1 - 00:13 - FULL
ID_R3 – Fa0/2 - 00:00 - LOADING
```

R1 – tabela de vecini

Convergență

- ▶ Triggered updates – convergență foarte bună



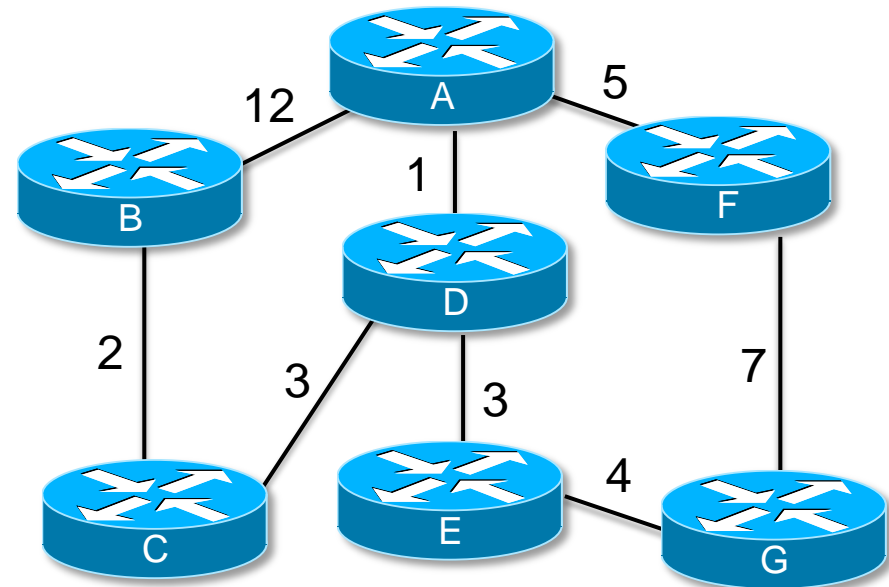
- ▶ Flapping interface?

- ▶ 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

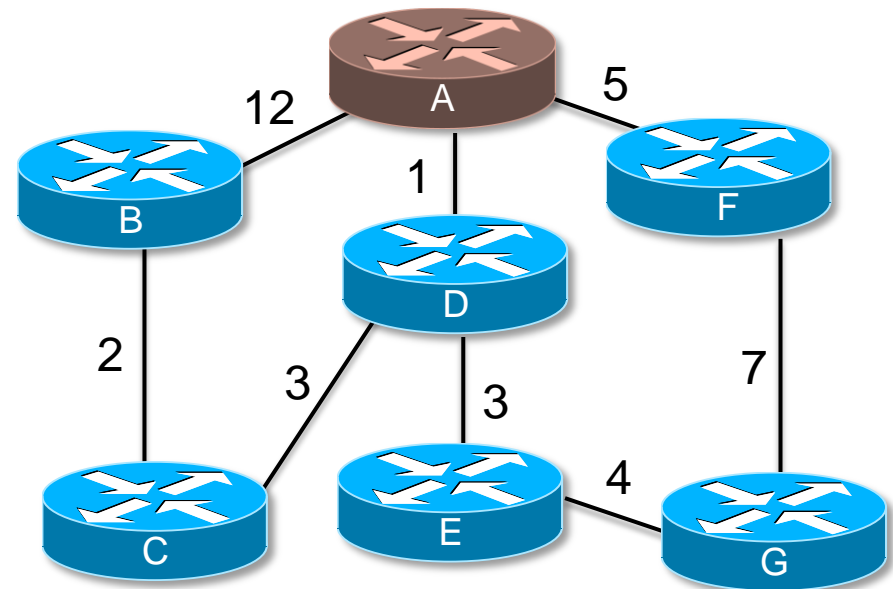
A	B - 12	D - 1	F - 5
B	A - 12	C - 2	
C	B - 2	D - 3	
D	A - 1	C - 3	E - 3
E	D - 3		
F	A - 5		
G	E - 4	F - 7	



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 tabelii de topologie

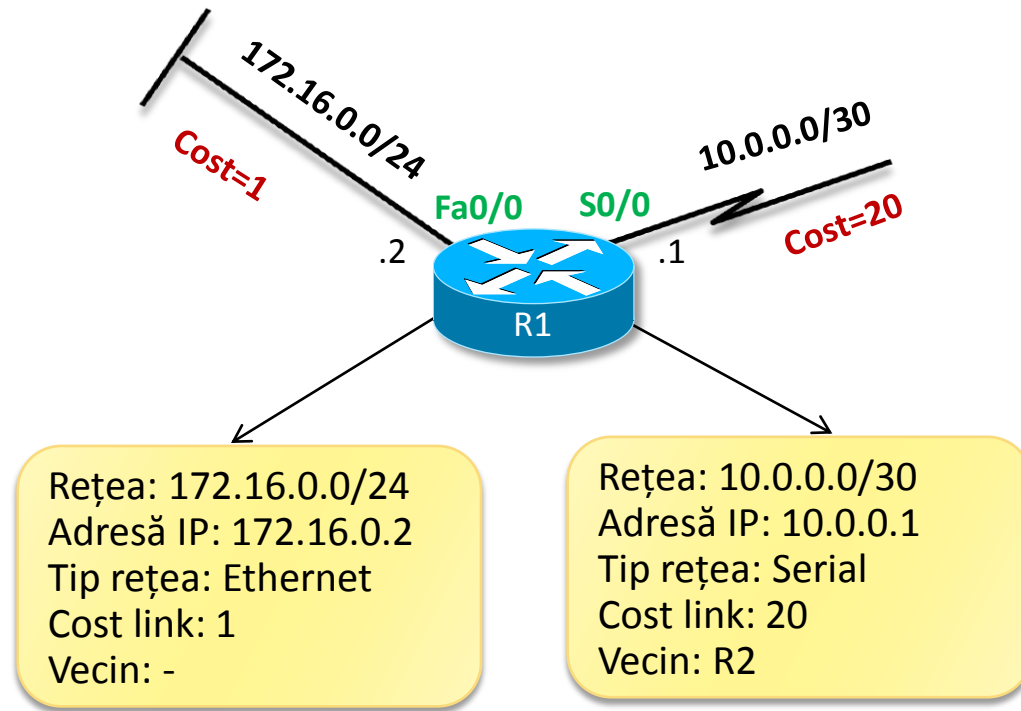
- Fiecare rețea primită într-un LSP are și un cost asociat
- **TOATE** rețelele primite în LSP se păstrează în tabela de topologie

Pasul 4 – Dijkstra

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

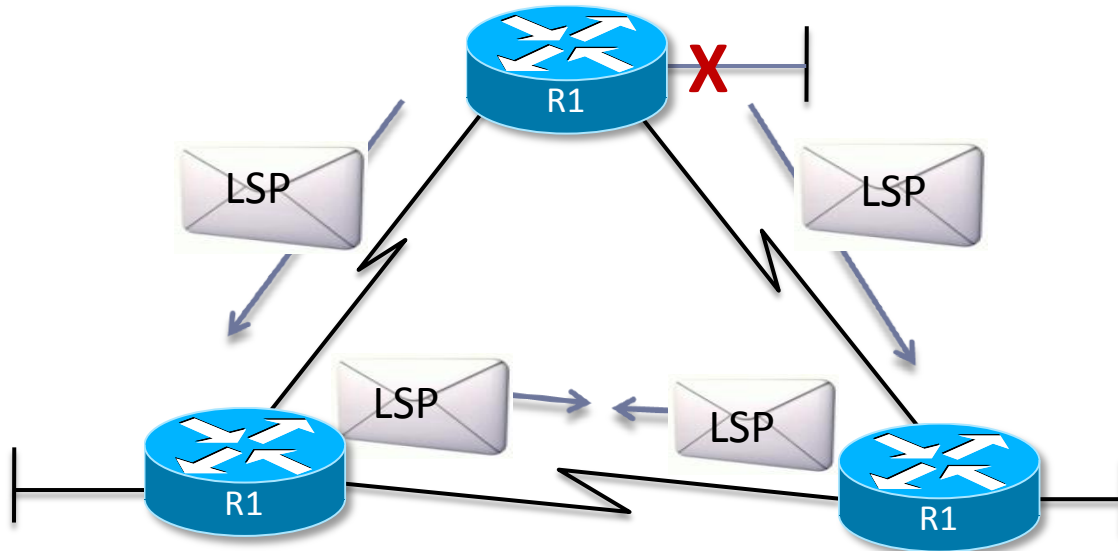
LSP

- ▶ 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 ruter 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



Concluzia?

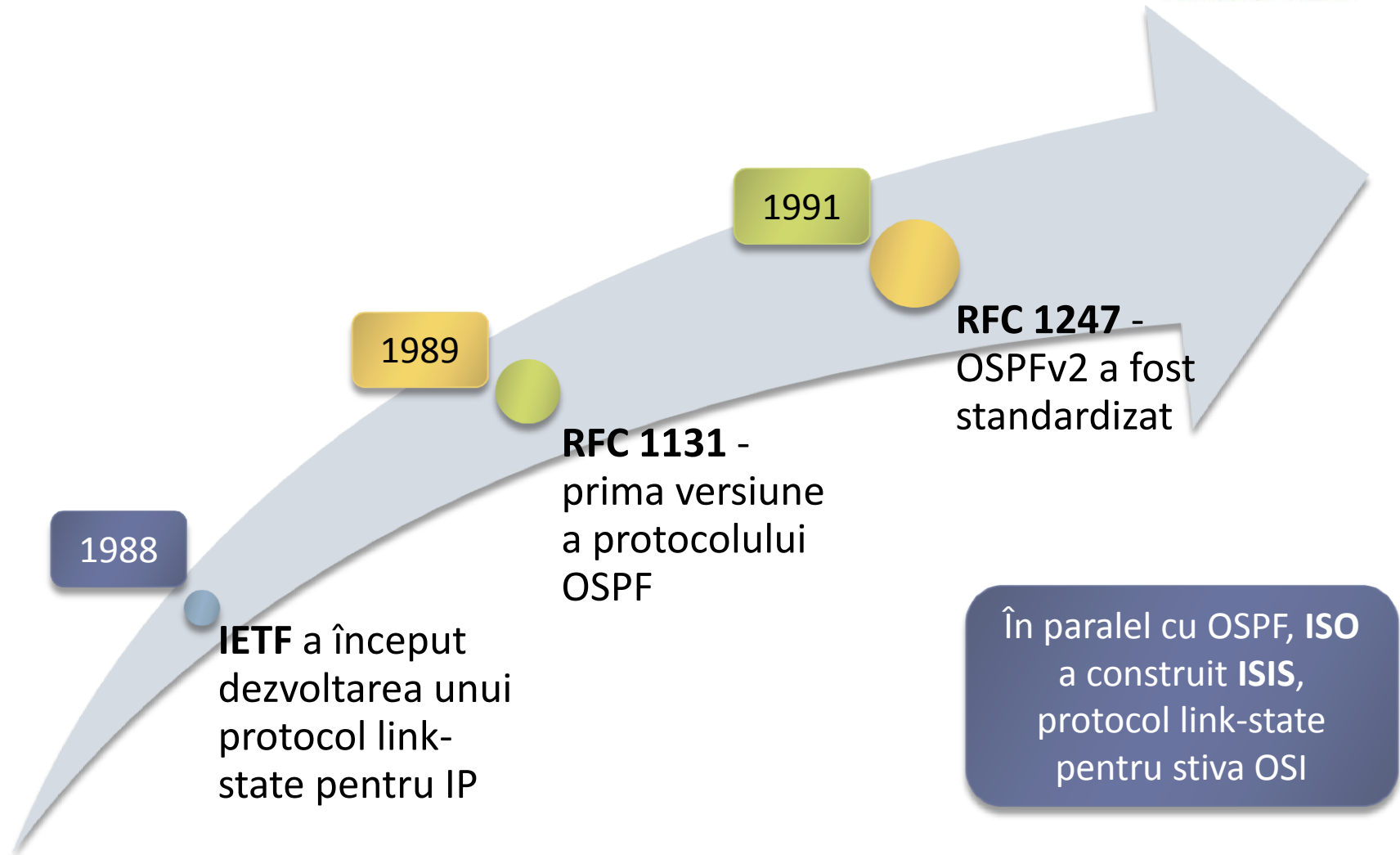
- ▶ *There is no silver bullet*



OSPF – Single Area



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 – all OSPF routers
 - ▶ 224.0.0.6 – DR and BDR
- ▶ Cost = 10^8 /bandwidth



Data link header

IP Packet Header

OSPF Packet Header

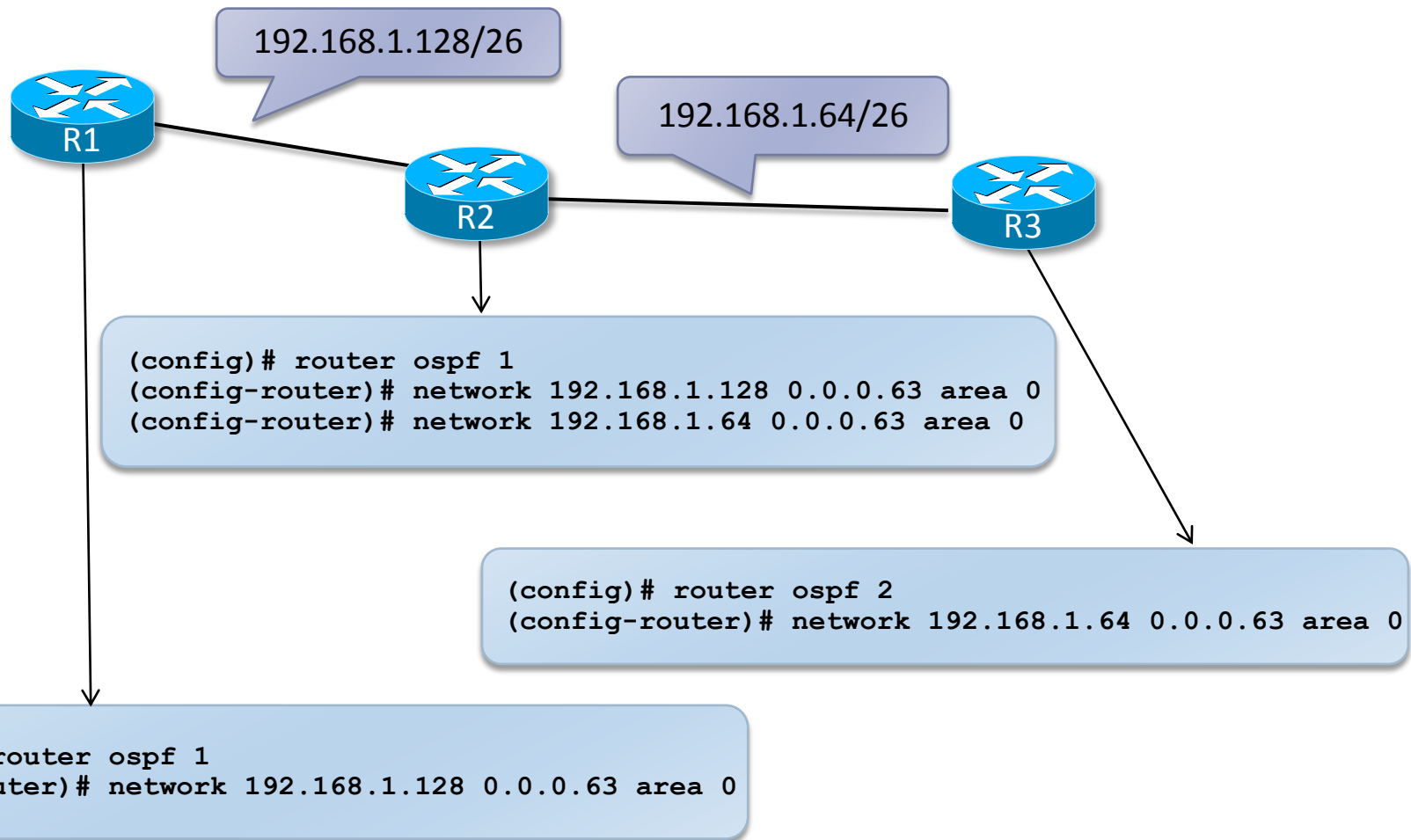


Activarea OSPF

- ▶ Wildcard
 - ▶ matematic, este opusul unei măști de rețea
 - ▶ funcțional, poate fi și discontinuă
- ▶ Numărul de proces
 - ▶ are semnificație locală
 - ▶ folosirea numărului de proces pentru a separa comunicarea OSPF nu este recomandată de CISCO

```
R(config)# router ospf <process-id>  
R(config-router)# network <address> <wildcard-mask> area  
<area-id>
```

Activarea OSPF



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, FDDI	1

Costul unei legături

- ▶ Există trei metode de modificare a costului unei legături:
 - ▶ modificarea lățimii de bandă declarată. Această metodă va afecta toate protocoalele ce folosesc valoarea lățimii de bandă declarate

```
R(config-if)# bandwidth valoare
```

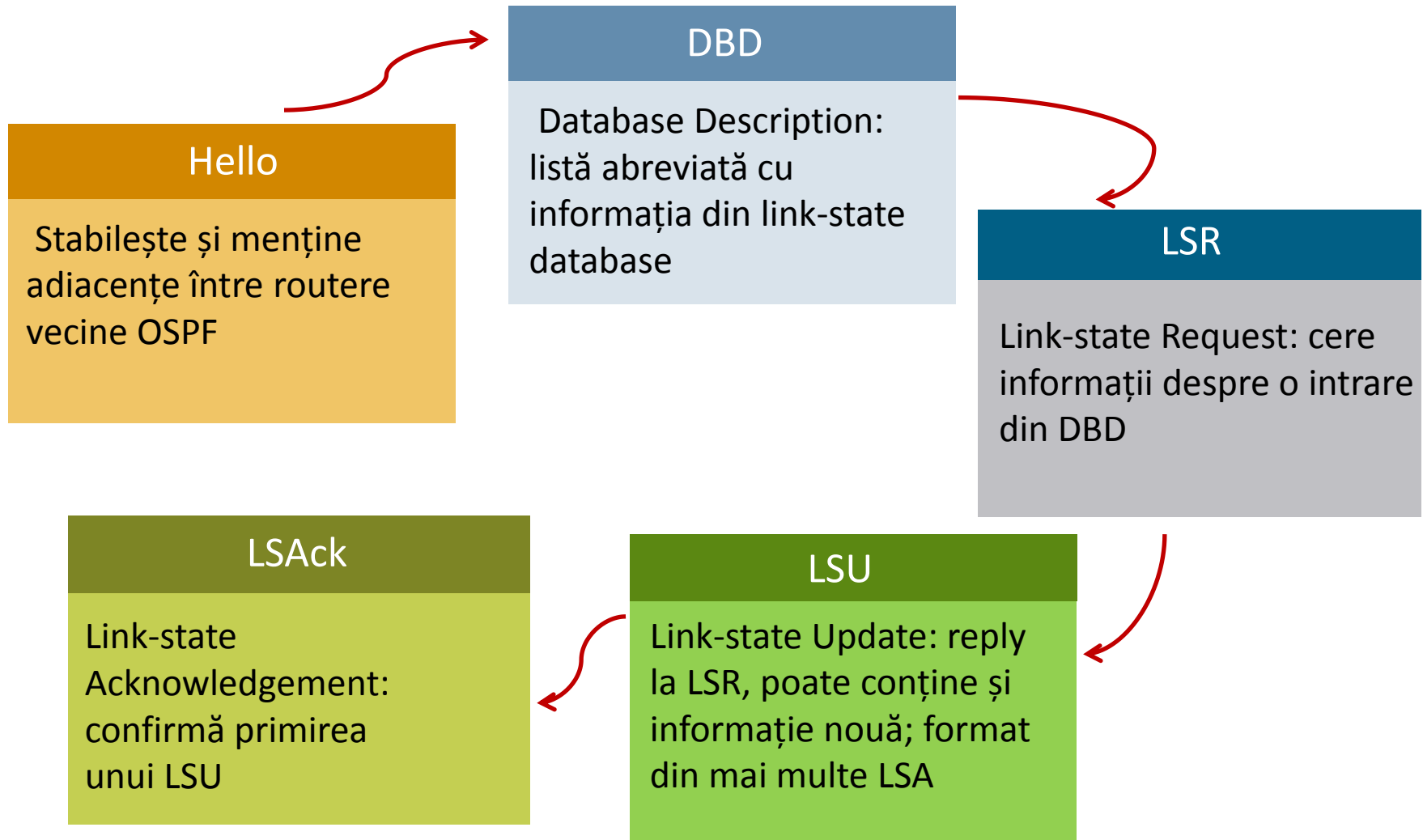
- ▶ stabilirea explicită a costului. Această metodă va afecta doar calculul metricii OSPF

```
R(config-if)# ip ospf cost valoare
```

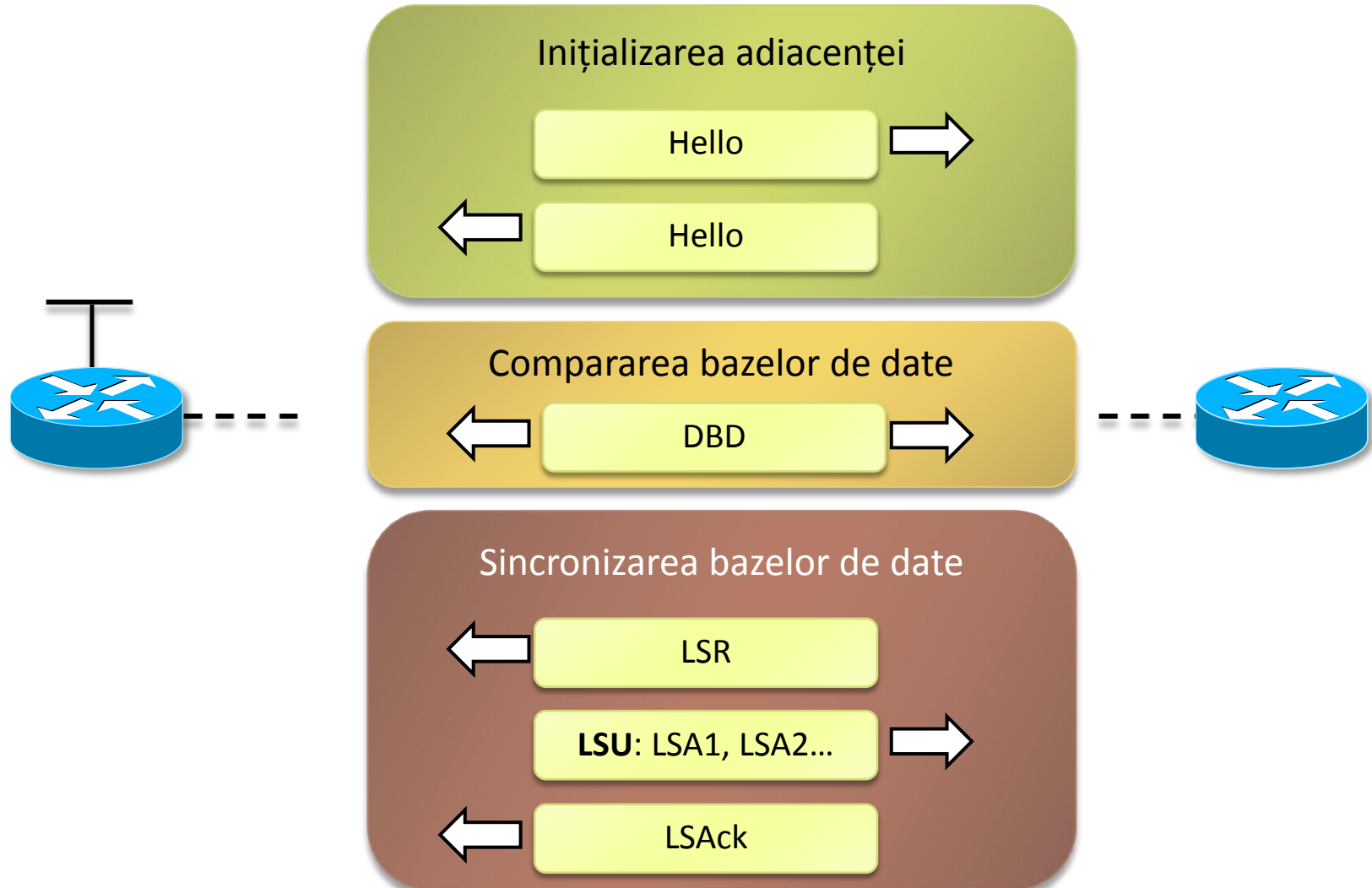
- ▶ modificarea lățimii de bandă de referință

```
R(config-router)# auto-cost reference-bandwidth valoare
```

Tipuri de mesaje OSPF

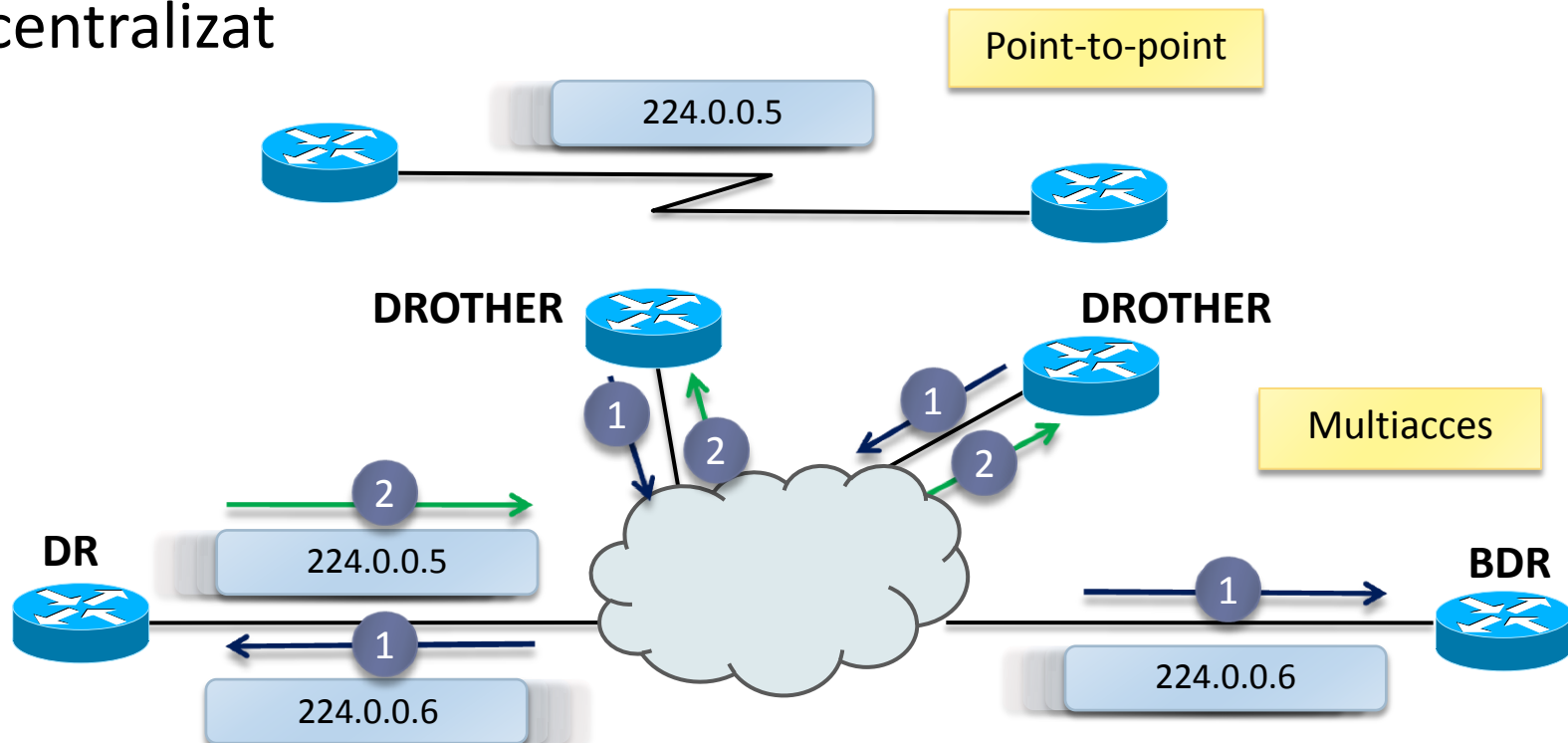


Comunicația OSPF



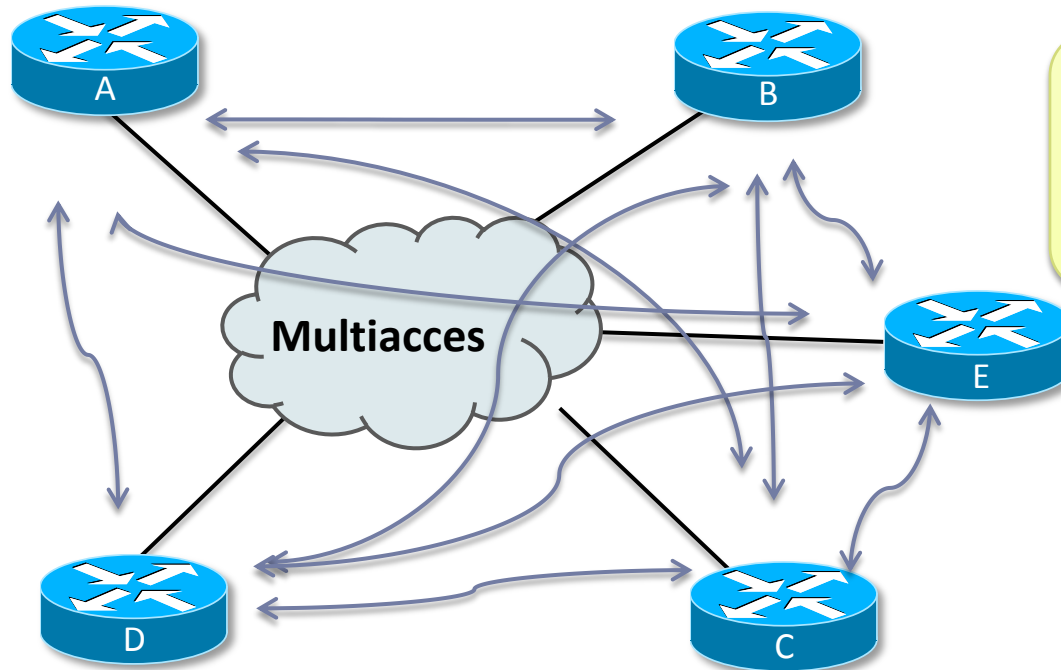
Transmiterea de update-uri

- ▶ Pentru rețele point-to-point se folosește adresa 224.0.0.5 pentru update-uri
- ▶ În rețele multiacces, coordonarea update-urilor se face centralizat



De ce DR/BDR?

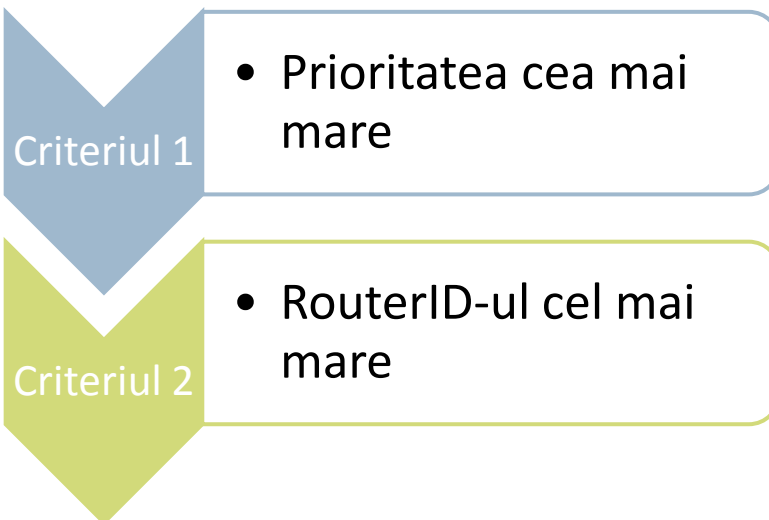
- ▶ Fără DR ar fi $n(n-1)/2$ adiacențe
- ▶ Cu DR sunt $(n-1)$ adiacențe + $(n-1)$ cu BDR = $2(n-1)$



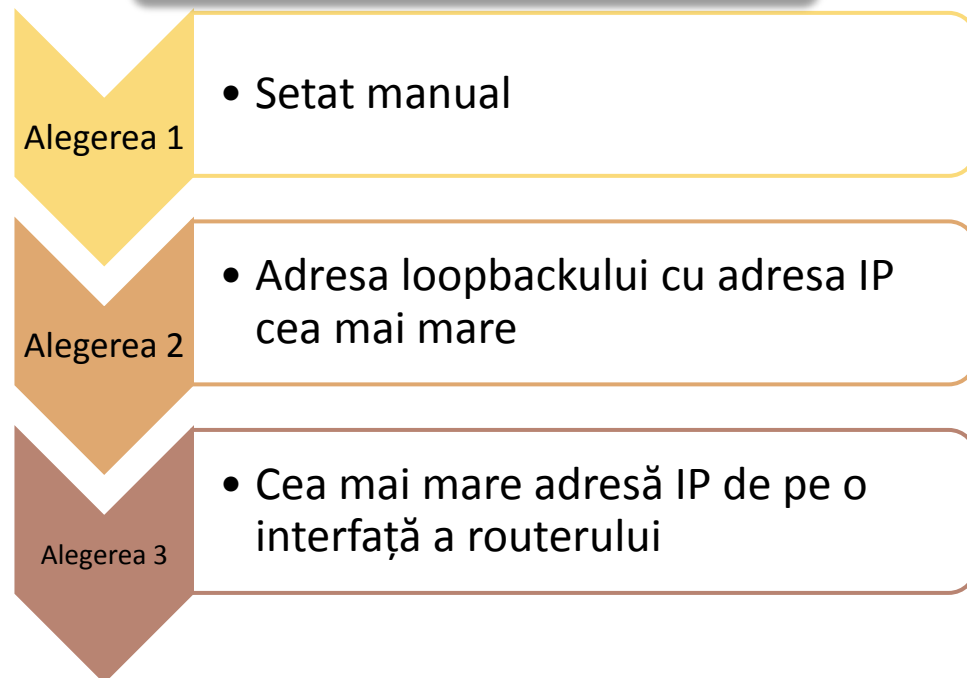
Fără DR:
 $5(5-1)/2 = 10$ adiacențe
Cu DR:
 $2(5-1) = 8$ adiacențe

Alegerea DR

Criterii de alegere a DR-ului



Criterii de alegere a RID-ului



Alegerea DR nu este preemptivă

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

Influențarea alegerii DR/BDR

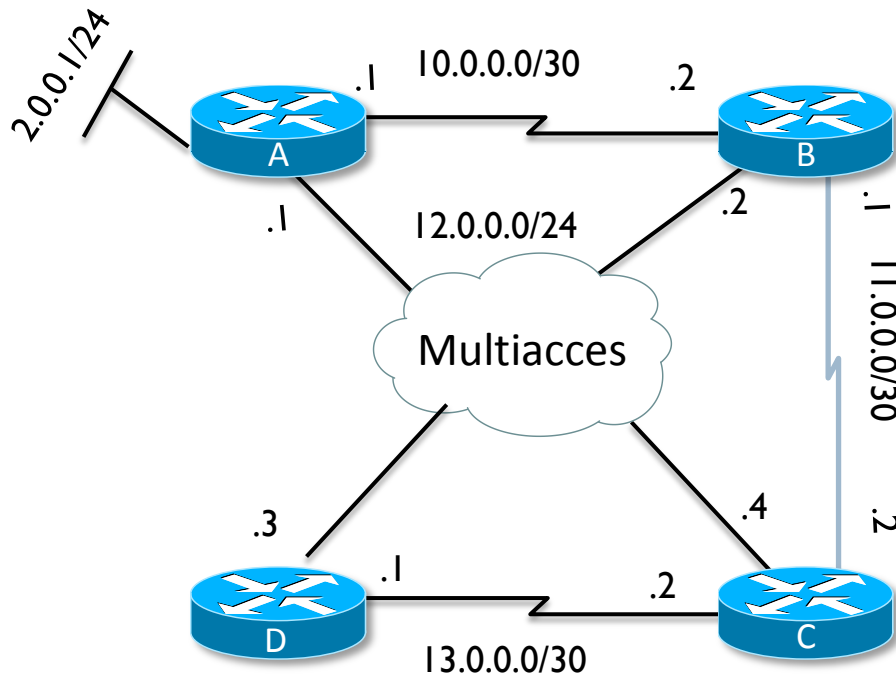
- ▶ Modificarea priorității pe interfață
 - ▶ Are în mod implicit valoarea 1
 - ▶ Valoarea 0 înseamnă că ruterul nu poate participa în alegerea DR/BDR

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

- ▶ Modificarea router-ID-ului

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

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)

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		
<alte campuri de tip Neighbour Router ID, daca sunt necesare>		

- ▶ 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)# ip ospf hello-interval <time>  
R(config-if)# ip 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

Exstart

Se face alegerea DR/BDR. Dacă tipul de rețea OSPF nu presupune această alegere, etapa Exstart este sărită

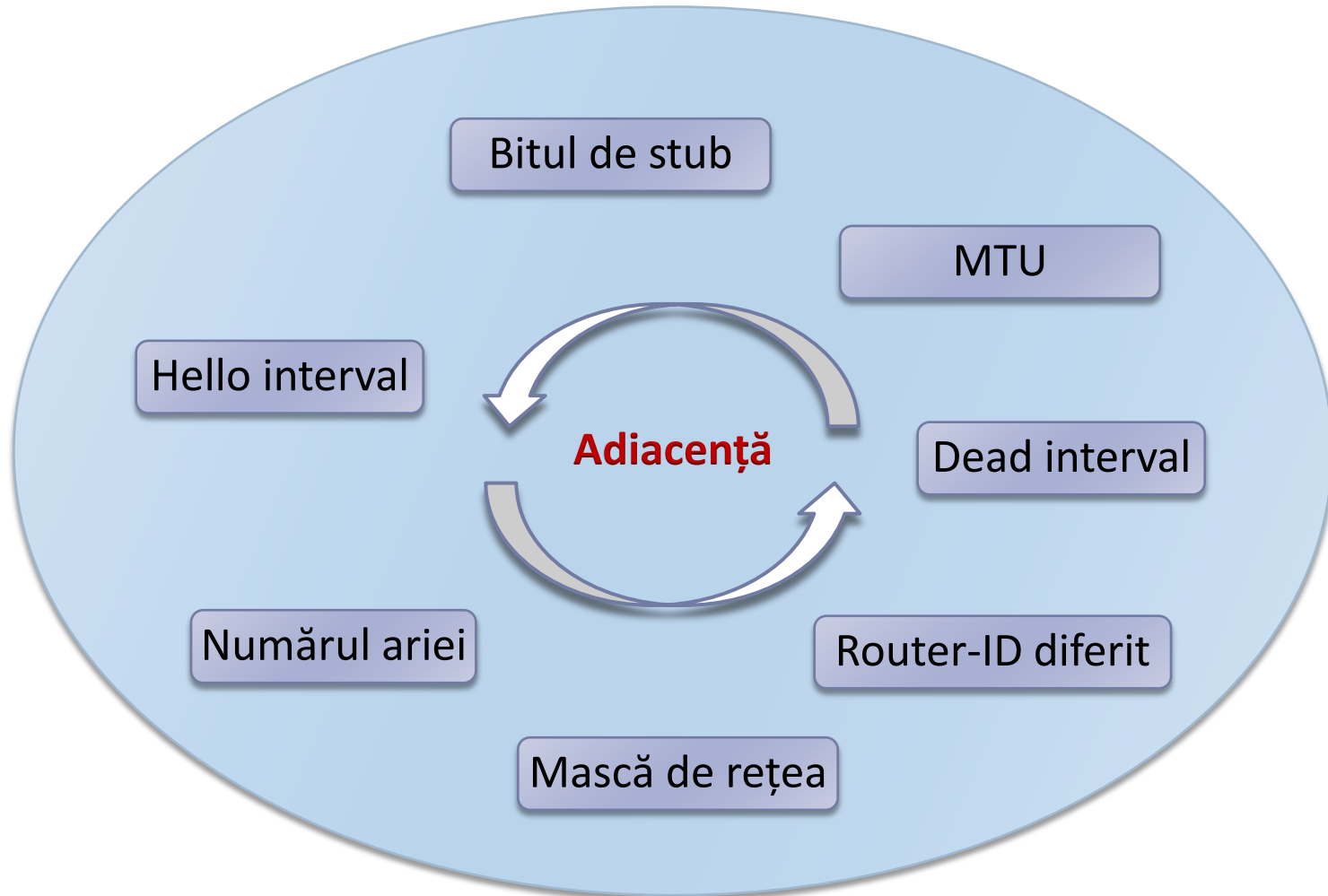
Exchange

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 adiacență OSPF



Verificarea adiacențelor

```
RouterA#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
12.0.0.2	0	FULL/ -	00:00:37	10.0.0.2	Serial1/0
12.0.0.2	10	FULL/DR	00:00:37	12.0.0.2	FastEthernet0/0
13.0.0.1	1	2WAY/DROTHER	00:00:36	12.0.0.3	FastEthernet0/0
13.0.0.2	1	FULL/BDR	00:00:37	12.0.0.4	FastEthernet0/0

Router-
ID-ul
vecinului

Prioritatea
pe linkul
respectiv

Starea
adiacenței

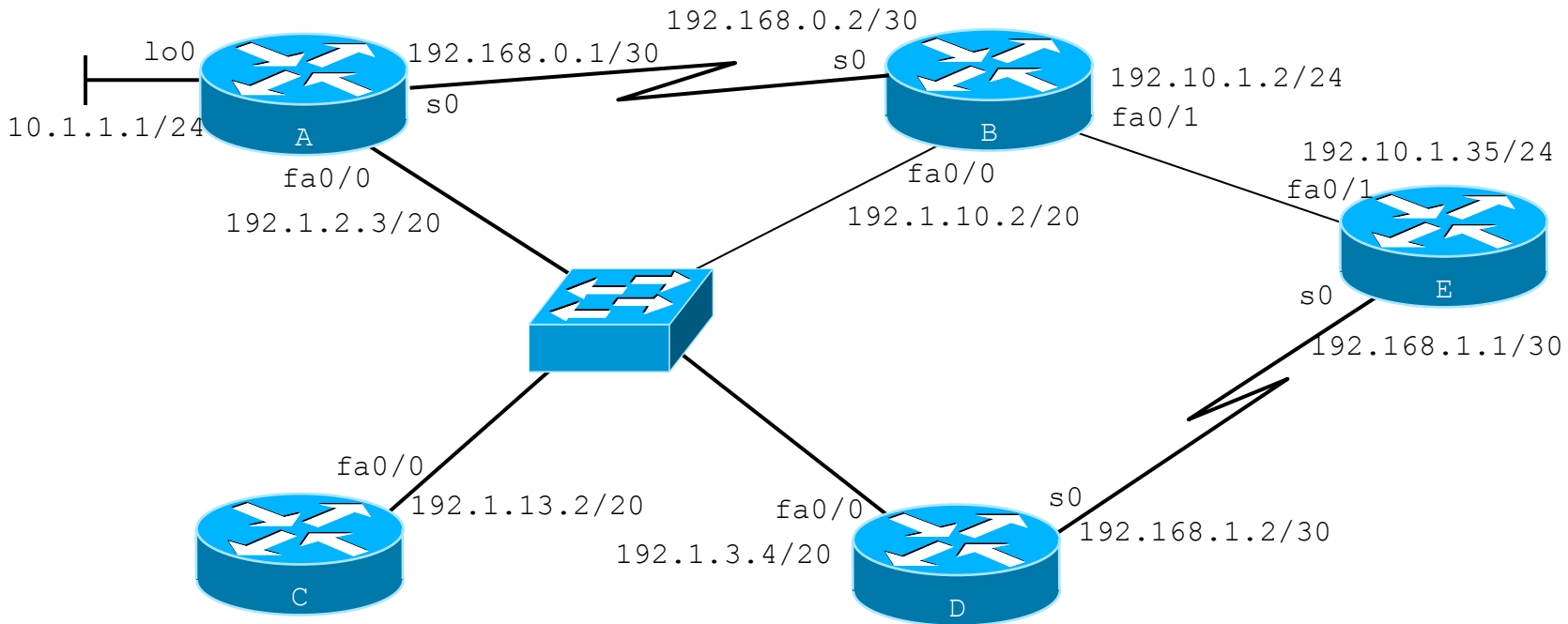
Timpul
măsurat
până când
adiacenta
va pica

Adresa de
pe
interfața
locală

Interfața
locală

POC

- Determinați DR și BDR din topologia de mai jos:



Verificarea configurației OSPF

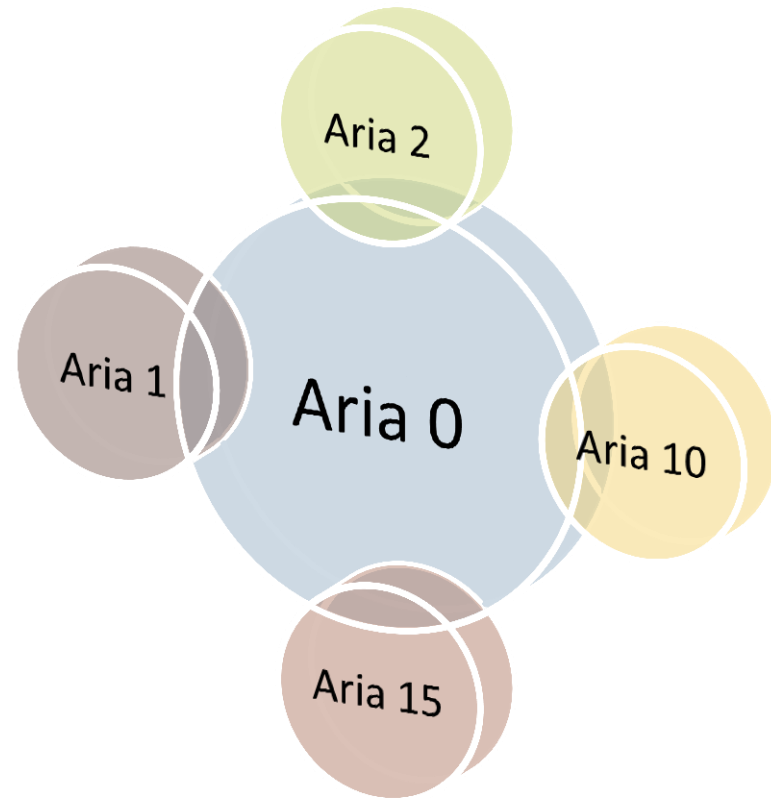
- ▶ `show ip protocols`
- ▶ `show ip route`
- ▶ `show ip ospf`
 - ▶ `<cr>`
 - ▶ `neighbor`
 - ▶ `database`
 - ▶ `interface`
 - ▶ `neighbor detail`
- ▶ `debug ip ospf events`
- ▶ `debug ip ospf adjacency`
- ▶ `clear ip route *`

OSPF Multi-Area



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)

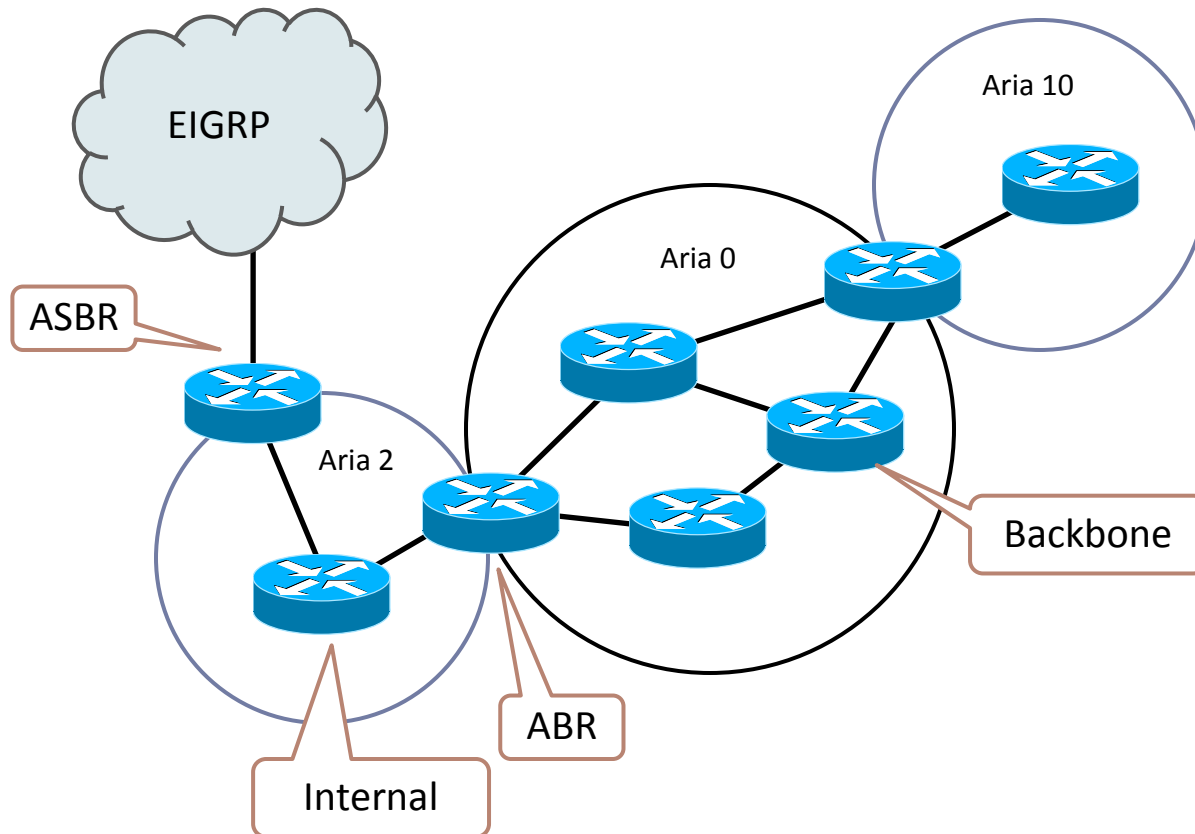


Toate ariile trebuie să aibă
conectivitate la aria 0

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:
 - ▶ Tipul 1 - **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 – **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 – **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 – **Network Summary LSA**: generat de ABR, descrie accesul către rutere ASBR

Tipuri de LSA OSPF MA

- ▶ Tipul 5 – **AS External Link LSA**: generat de către ASBR, descrie rute către destinații externe sistemului autonom(sau rețelei OSPF).
- ▶ Tipul 6 – **Multicast LSA**: Neimplementat pe ruter-ele Cisco
- ▶ Tipul 7 – **NSSA External LSA**: create de ASBR și transmise în not so stubby areas (NSSA). Aceste LSA-uri vor fi converite la LSA de tipul 5 de către ABR.

Tabela de rutare

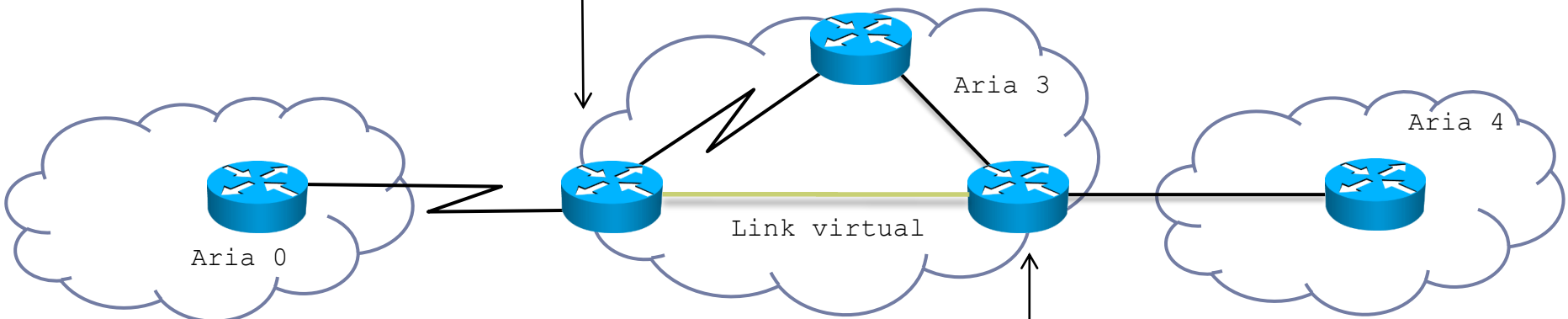
- ▶ Rutele OSPF pot avea mai multe coduri în tabela de rutare
 - ▶ O: rute din aceeași zonă, învățate prin LSA-uri de tip 1 și 2
 - ▶ O IA: rute inter-area, învățate prin LSA de tip 3
 - ▶ O E1 și E2: rute externe, învățate prin LSA-uri de tip 5
 - ▶ O N1 și N2: rute externe, învățate prin LSA-uri de 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

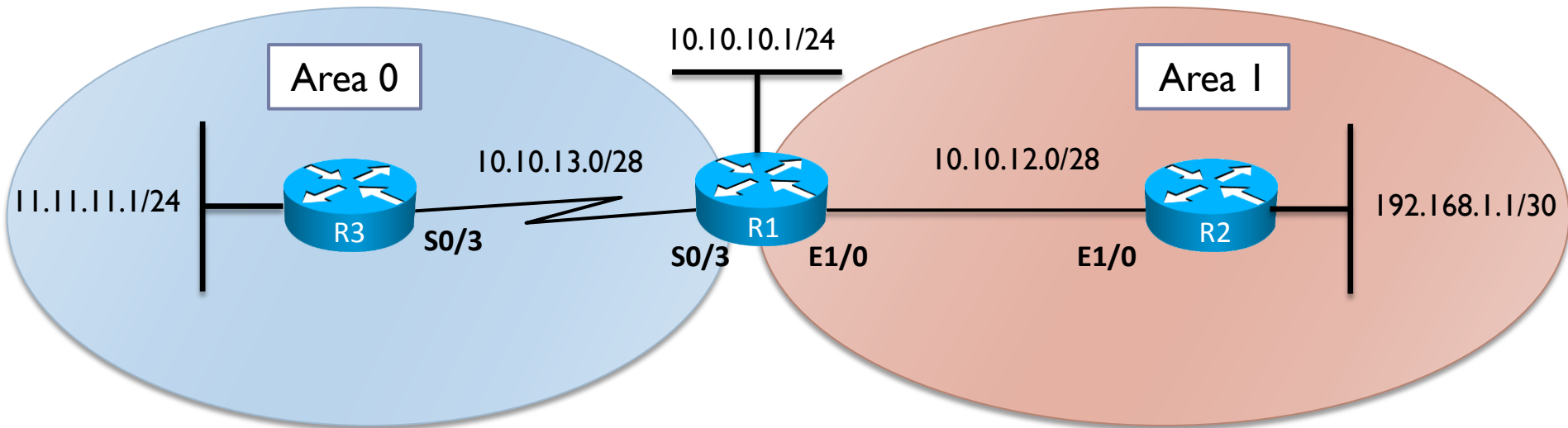
Virtual links

```
R1 (config-router)#area 3 virtual-link ROUTER_ID_R2
```



```
R2 (config-router)#area 3 virtual-link ROUTER_ID_R1
```

Activitate practică - OSPF



Activitate practică - OSPF

- ▶ Activați OSPF conform topologiei.
- ▶ Verificați adiacența între vecinii OSPF.
- ▶ Verificați care ruter este DR pe segmentul R1-R2.
- ▶ Introduceți în OSPF rețeaua Lo0 de pe ruterul R1 ca rută externă.
- ▶ Analizați tabela de rutare pe ruterele R1, R2 și R3.
- ▶ Analizați tabela de topologie pe ruterul R2.
- ▶ Ce tip de rețea OSPF este Lo0 de pe R3? Schimbați tipul de rețea al Lo0 astfel încât rețeaua 10.10.10.0 să fie cunoscută în OSPF cu masca /24.
- ▶ Configurați aria 1 astfel încât ruterele din această arie să nu mai cunoască rețelele externe domeniului OSPF
- ▶ Verificați configurația realizată.