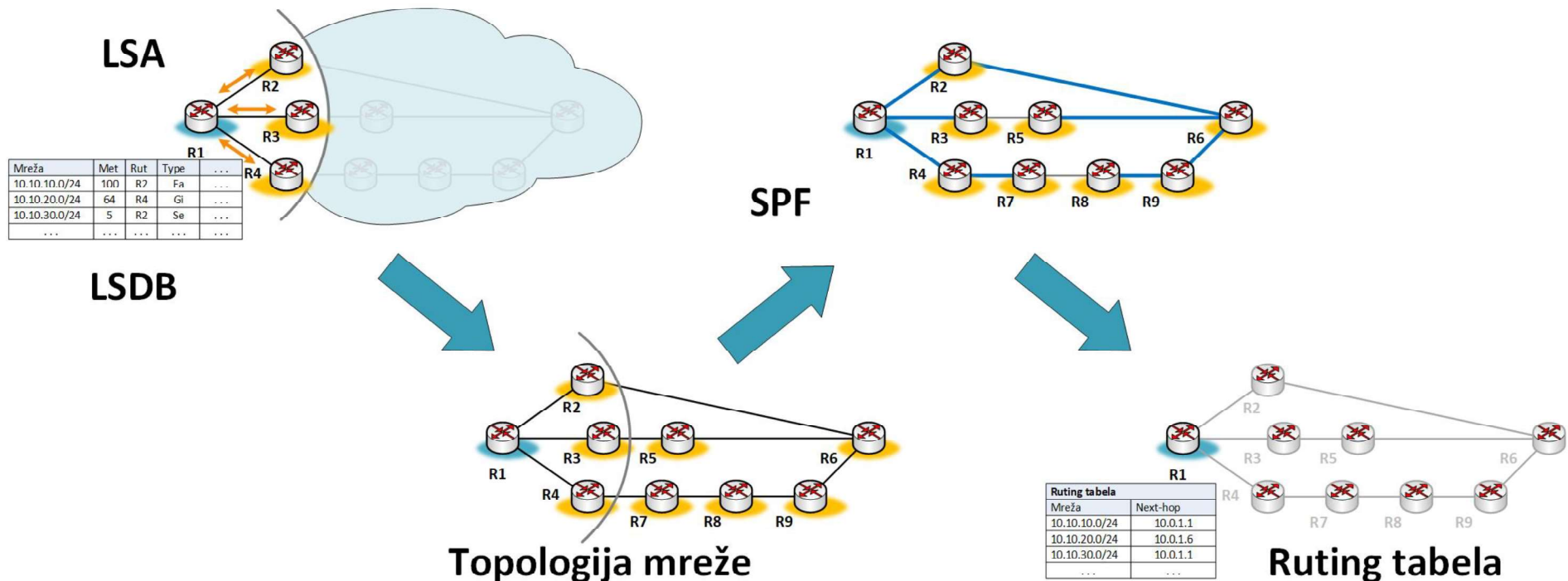


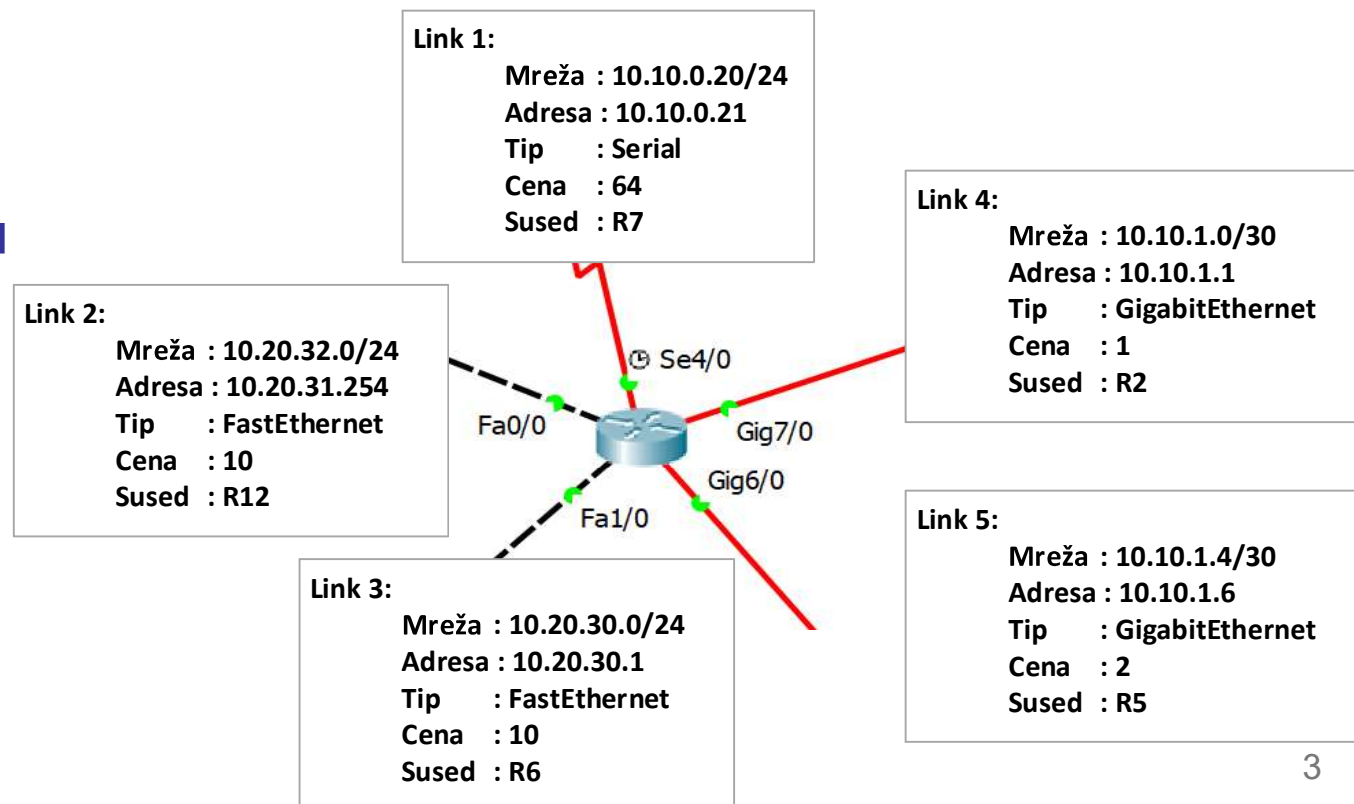
Link-State routing protokoli

- *Link-State* routing protokoli
 - Sa susednim ruterima se razmenjuje mnogo veći skup informacija **LSA (Link-State Advertisements)**
 - Kreira se baza informacija – **LSDB (Link-State Database)**
 - Rekonstruiše se topologija mreže – graf rutera i mreža sa metrikom
 - Računa se najkraća putanja do svake mreže - **SPF (Shortest Path First)**
 - Kreira se routing tabela



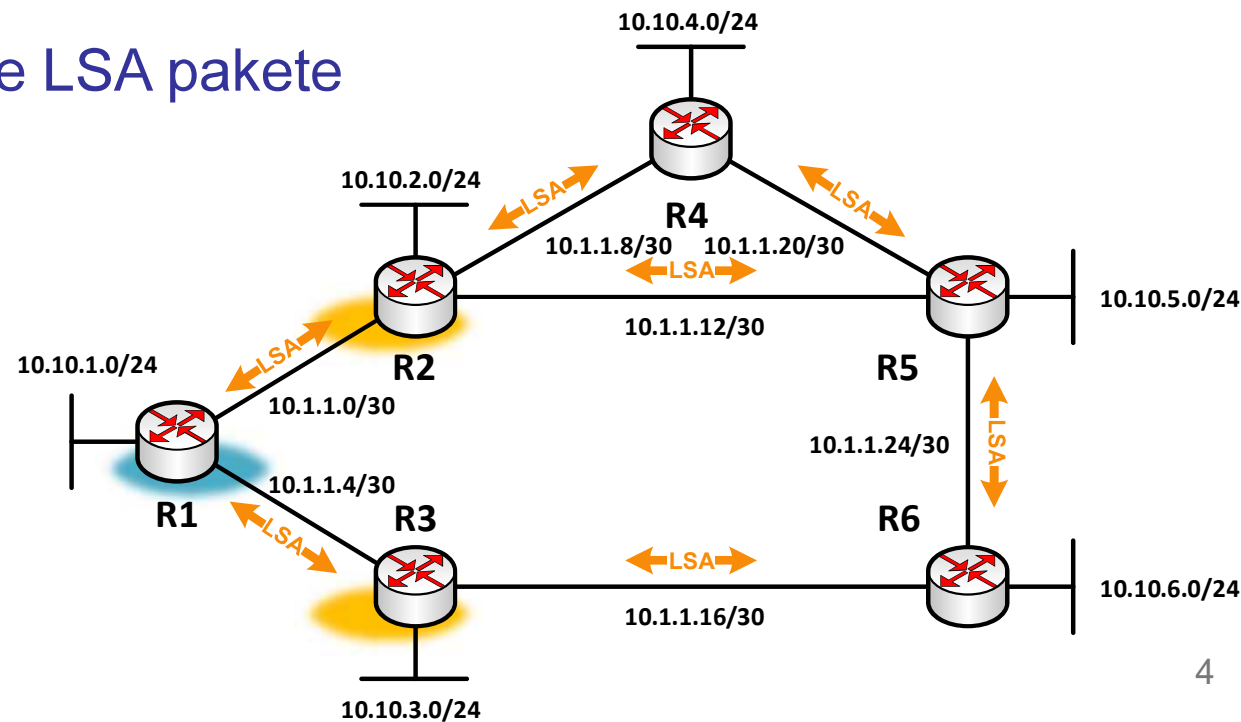
„Link-State“

- “*Link*” – interfejs rutera
 - Opisuje mrežu
- “*Link state*” – informacije o interfejsima
 - IP adresa i maska mreže
 - IP adresa interfejsa
 - Identifikacija rutera
 - Tip interfejsa
 - Cena linka
 - Susedni ruteri na linku
 - ...



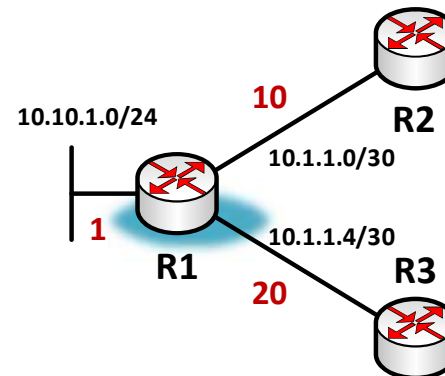
Razmena LSA paketa

- Svaki ruter kreira sopstveni LSA paket, koji sadrži:
 - Stanje svakog direktno povezanog linka (interfejsa)
 - Informacije o susedima – ruter, tip linka, cena (*bandwidth*)
- **Flooding** - intenzivna razmena LSA
 - LSA se šalje do svakog direktnog susednog rutera
 - Ruteri prosleđuju LSA do svojih direktnih suseda
- Rezultat:
 - Svi ruteri dobijaju oglašene LSA pakete



LSDB - *Link-State Database*

- Svaki ruter formira svoju bazu - LSDB (*Link-State Database*)
 - Sadrži LSA dobijene od svih rutera
 - Sadrži sve potrebne informacije o celoj mreži
 - Isto na svim ruterima, jer sadrže iste informacije

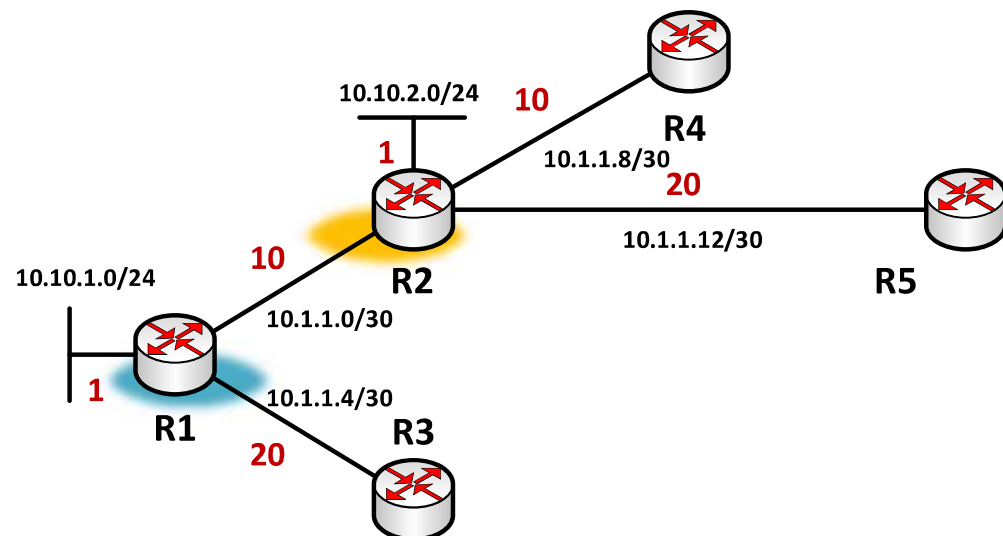


| Ruter | LSA |
|-------|-----------------------------|
| R1 | R1 --- : 10.10.1.0/24 [0] |
| R1 | R1 --- : 10.1.1.0/30 [0] |
| R1 | R1 --- : 10.1.1.4/30 [0] |
| R2 | R2 --- : 10.10.2.0/24 [1] |
| R2 | R2 => R1: 10.1.1.0/30 [10] |
| R2 | R2 => R4: 10.1.1.8/30 [10] |
| R2 | R2 => R5: 10.1.1.12/30 [20] |
| R3 | R3 --- : 10.10.3.0/24 [1] |
| R3 | R3 => R1: 10.1.1.4/30 [20] |
| R3 | R3 => R6: 10.1.1.16/30 [25] |
| R4 | R4 --- : 10.10.4.0/24 [1] |
| R4 | R4 => R2: 10.1.1.8/30 [10] |
| R4 | R4 => R5: 10.1.1.20/30 [5] |
| R5 | R5 --- : 10.10.5.0/24 [1] |
| R5 | R5 => R2: 10.1.1.12/30 [20] |
| R5 | R5 => R4: 10.1.1.20/30 [5] |
| R5 | R5 => R6: 10.1.1.24/30 [10] |
| R6 | R6 --- : 10.10.6.0/24 [1] |
| R6 | R6 => R3: 10.1.1.16/30 [25] |
| R6 | R6 => R5: 10.1.1.24/10 [10] |

Formiranje topologije

- LSDB na ruteru R1
 - LSA sa rutera **R2**

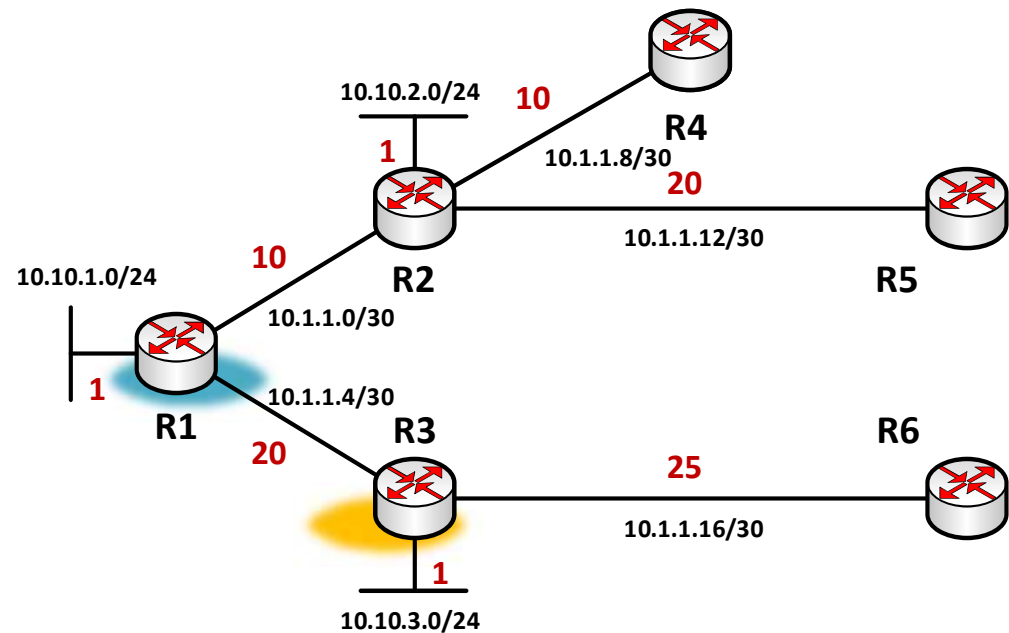
| Ruter | LSA |
|-------|-----------------------------|
| ... | ... |
| R2 | R2 --- : 10.10.2.0/24 [1] |
| R2 | R2 => R1: 10.1.1.0/30 [10] |
| R2 | R2 => R4: 10.1.1.8/30 [10] |
| R2 | R2 => R5: 10.1.1.12/30 [20] |
| ... | ... |



Formiranje topologije

- LSDB na ruteru R1
 - LSA sa rutera **R3**

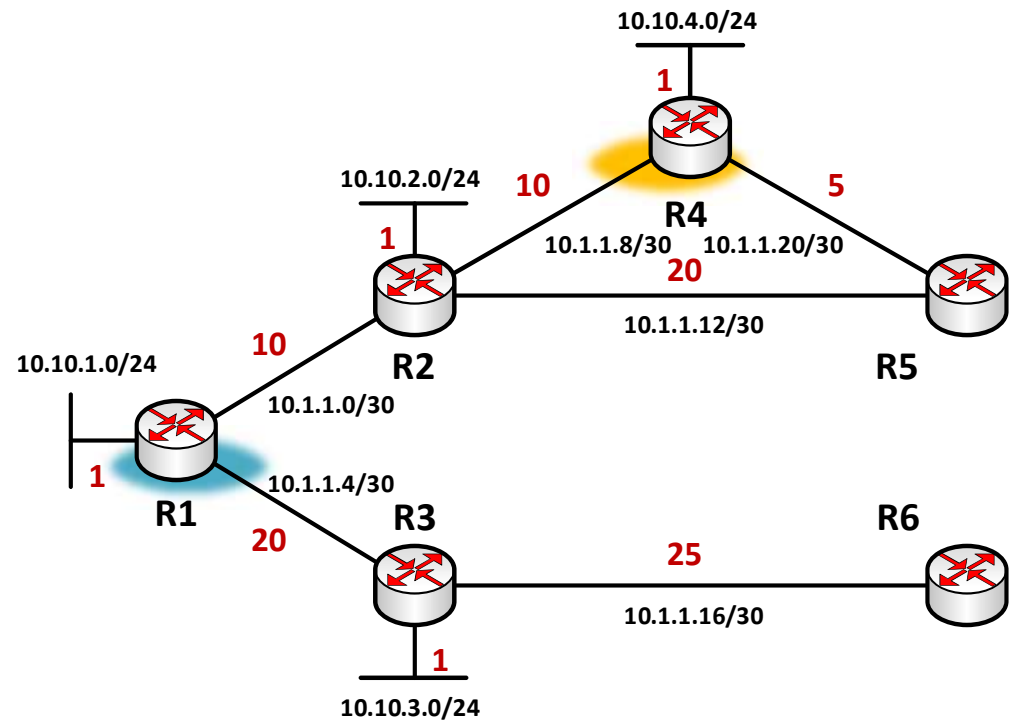
| Ruter | LSA |
|-------|-----------------------------|
| ... | ... |
| R3 | R3 --- : 10.10.3.0/24 [1] |
| R3 | R3 => R1: 10.1.1.4/30 [20] |
| R3 | R3 => R6: 10.1.1.16/30 [25] |
| ... | ... |



Formiranje topologije

- LSDB na ruteru R1
 - LSA sa rutera **R4**

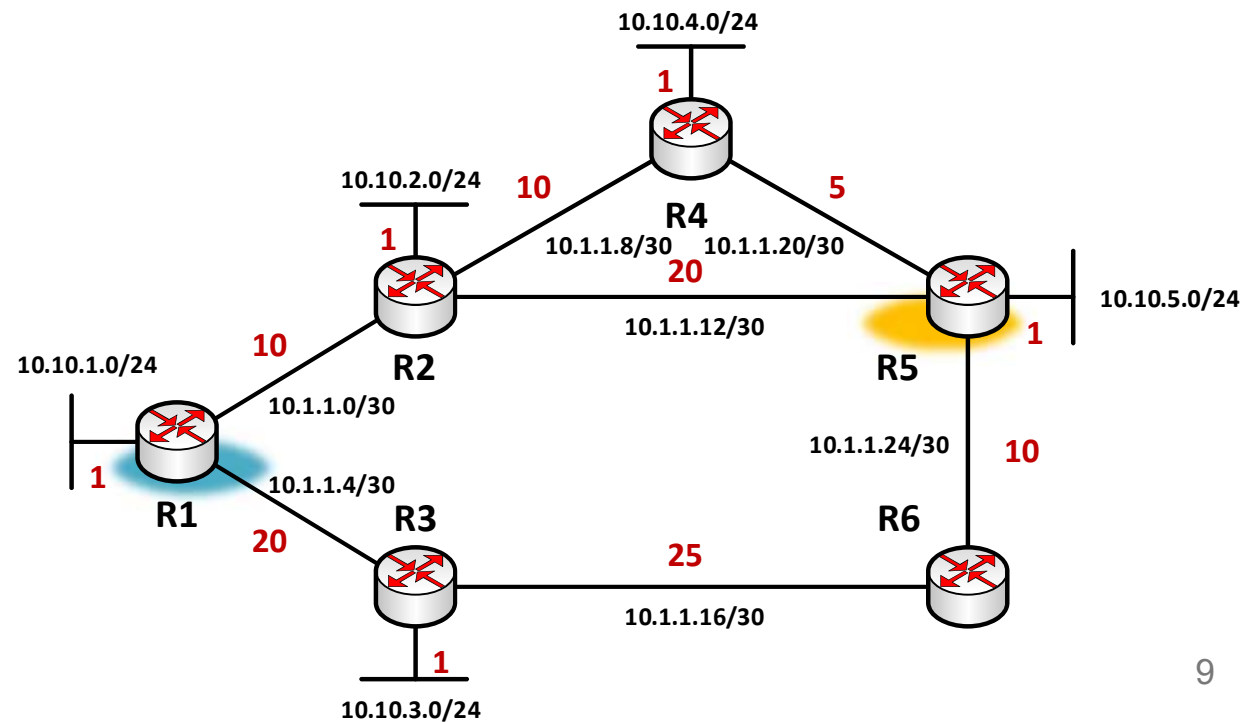
| Ruter | LSA |
|-------|----------------------------|
| ... | ... |
| R4 | R4 --- : 10.10.4.0/24 [1] |
| R4 | R4 => R2: 10.1.1.8/30 [10] |
| R4 | R4 => R5: 10.1.1.20/30 [5] |
| ... | ... |



Formiranje topologije

- LSDB na ruteru R1
 - LSA sa rutera **R5**

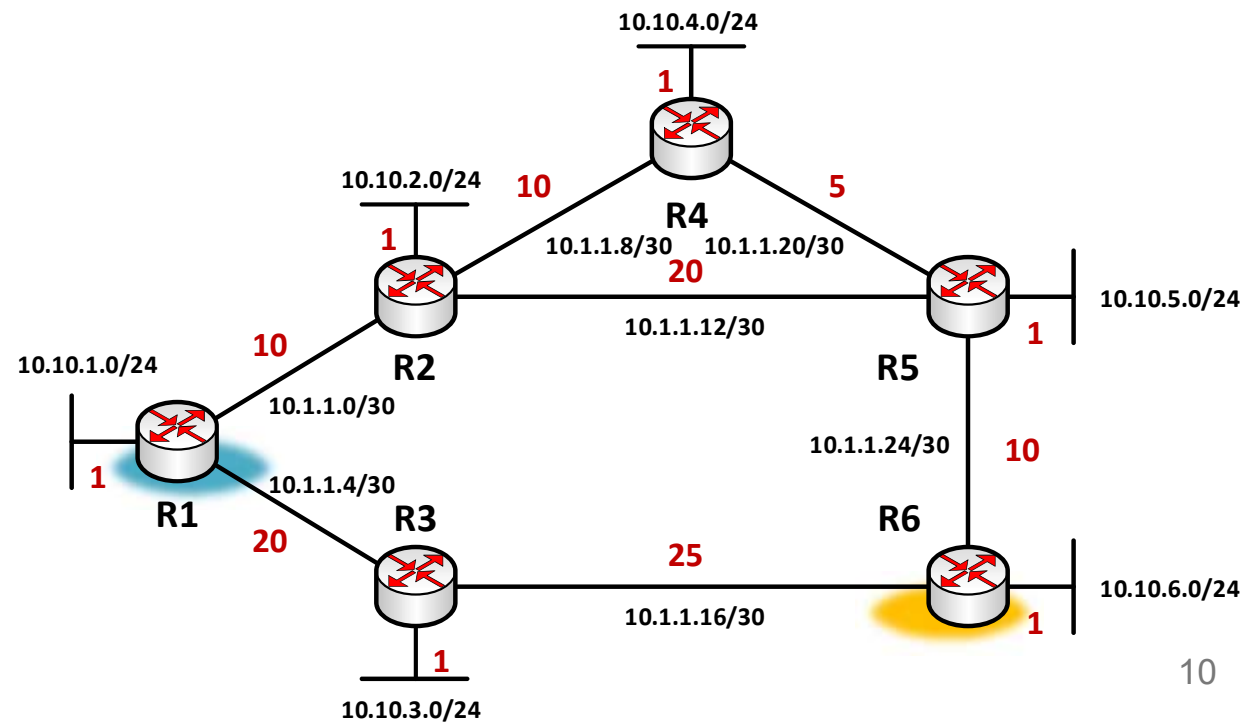
| Ruter | LSA |
|-------|-----------------------------|
| ... | ... |
| R5 | R5 --- : 10.10.5.0/24 [1] |
| R5 | R5 => R2: 10.1.1.12/30 [20] |
| R5 | R5 => R4: 10.1.1.20/30 [5] |
| R5 | R5 => R6: 10.1.1.24/30 [10] |
| ... | ... |



Formiranje topologije

- LSDB na ruteru R1
 - LSA sa rutera **R6**

| | |
|-----|-----------------------------|
| ... | ... |
| R6 | R6 --- : 10.10.6.0/24 [1] |
| R6 | R6 => R3: 10.1.1.16/30 [25] |
| R6 | R6 => R5: 10.1.1.24/10 [10] |
| ... | ... |



Nalaženje najkraćeg puta - SPF

- **SPF - Shortest Path First**

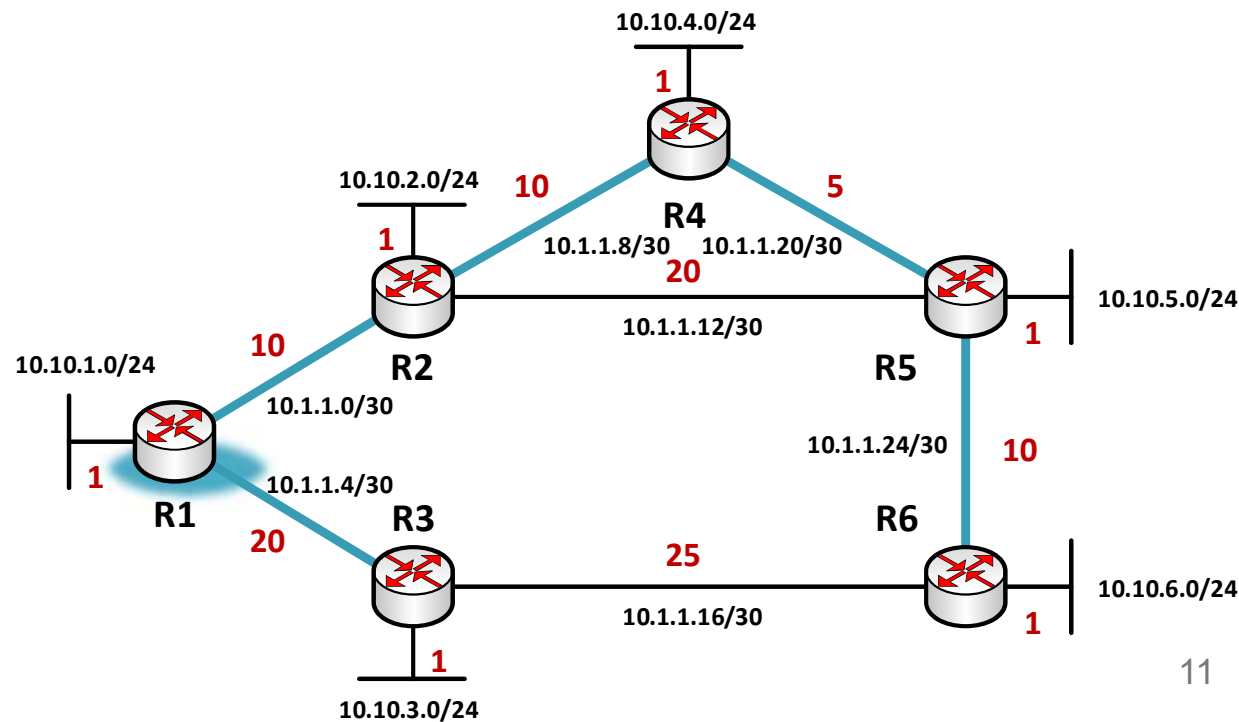
- Graf

- Ruteri u čvorovima, cena pridružene granama
- IP mreže – grane (linkovi) i čvorovi (LAN mreže)

- *Dijkstra* algoritam

- 1959, *Edsger W. Dijkstra* – holandski softver inženjer
- Iz svakog rutera - nalaženje najkraće putanje do svake IP mreže (najjeftinije putanje)
- Složenost – $O(n \log(n))$

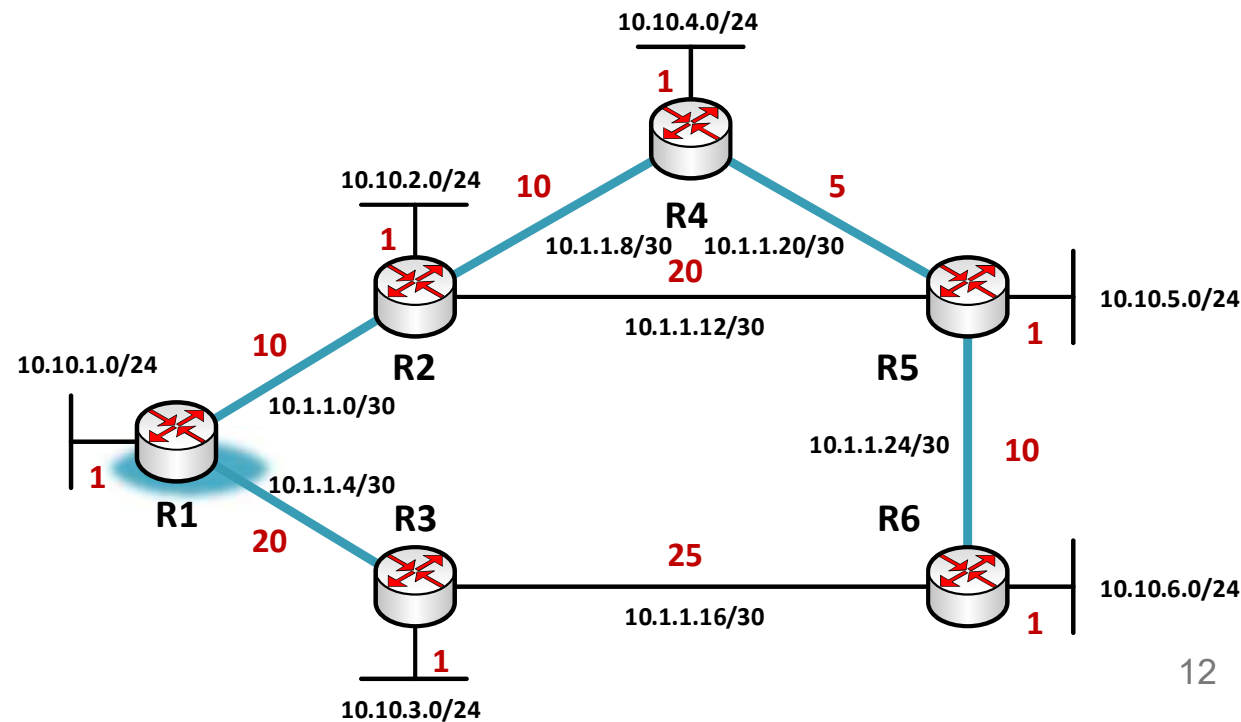
| R1: SPF | | |
|--------------|-------|------|
| 10.1.1.4/30 | con. | [0] |
| 10.1.1.0/30 | con. | [0] |
| 10.1.1.4/30 | con. | [0] |
| 10.10.2.0/24 | => R2 | [11] |
| 10.1.1.8/30 | => R2 | [20] |
| 10.1.1.12/30 | => R2 | [10] |
| 10.10.3.0/24 | => R3 | [21] |
| 10.1.1.16/30 | => R3 | [45] |
| 10.10.4.0/24 | => R2 | [21] |
| 10.1.1.20/30 | => R2 | [25] |
| 10.10.5.0/24 | => R2 | [26] |
| 10.1.1.24/30 | => R2 | [35] |
| 10.10.6.0/24 | => R2 | [36] |



Generisanje ruting tabele

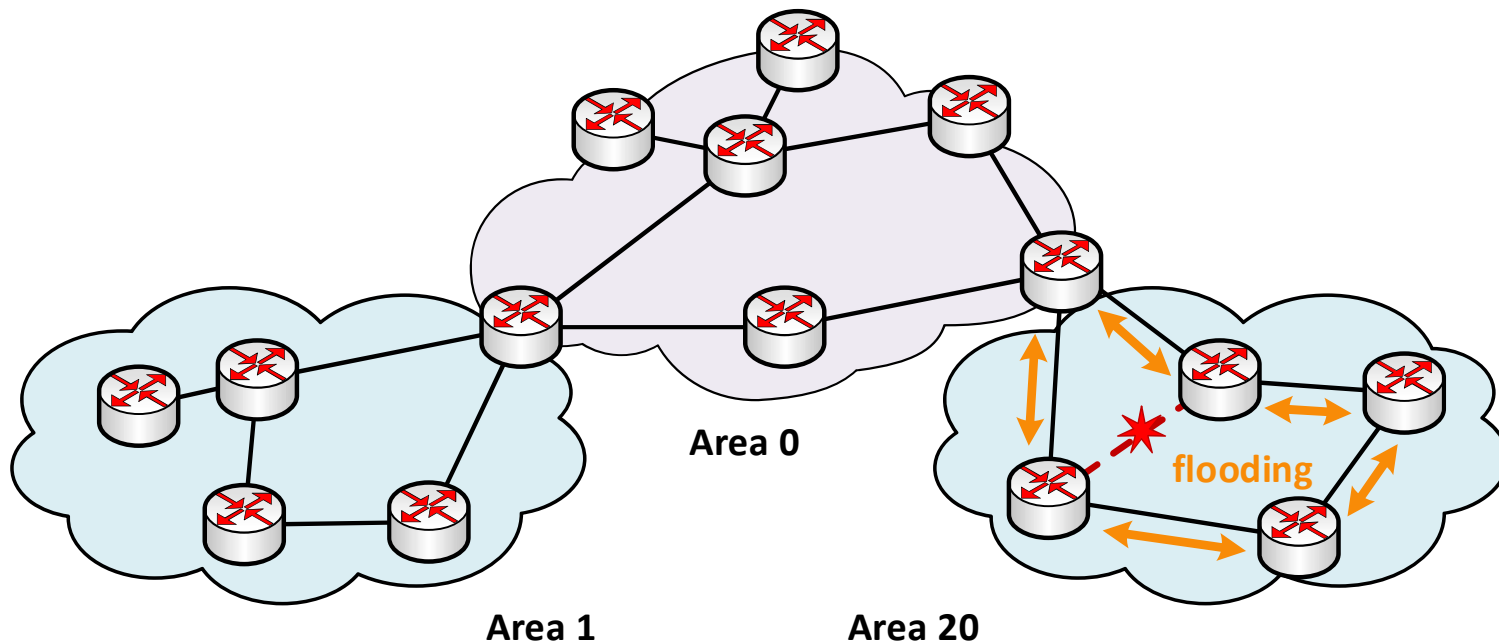
- Ruting tabela – na osnovu rezultata SFP algoritma
 - Za svaku IP mrežu dobija se *next-hop* i cena
 - Za više putanja sa istom cenom
 - Više *next-hop* adresa se upisuje u ruting tabelu – balansiranje saobraćaja
- Svaki ruter ima različitu ruting tabelu

| R1: Ruting tabela | | |
|-------------------|-----------|------|
| Mreža | Next-hop | Met |
| 10.1.1.4/30 | Connected | [0] |
| 10.1.1.0/30 | Connected | [0] |
| 10.1.1.4/30 | Connected | [0] |
| 10.10.2.0/24 | 10.1.1.2 | [11] |
| 10.1.1.8/30 | 10.1.1.2 | [20] |
| 10.1.1.12/30 | 10.1.1.2 | [10] |
| 10.10.3.0/24 | 10.1.1.6 | [21] |
| 10.1.1.16/30 | 10.1.1.6 | [45] |
| 10.10.4.0/24 | 10.1.1.2 | [21] |
| 10.1.1.20/30 | 10.1.1.2 | [25] |
| 10.10.5.0/24 | 10.1.1.2 | [26] |
| 10.1.1.24/30 | 10.1.1.2 | [35] |
| 10.10.6.0/24 | 10.1.1.2 | [36] |



Skalabilnost

- Grupisanje rutera i IP mreža u pojedinačne oblasti - **Area**
- Pad linka u jednoj oblasti
 - Flooding se sprovodi samo u toj oblasti
 - Ne izaziva se konvergencija u ostalim oblastima
- Veća skalabilnost



Osobine

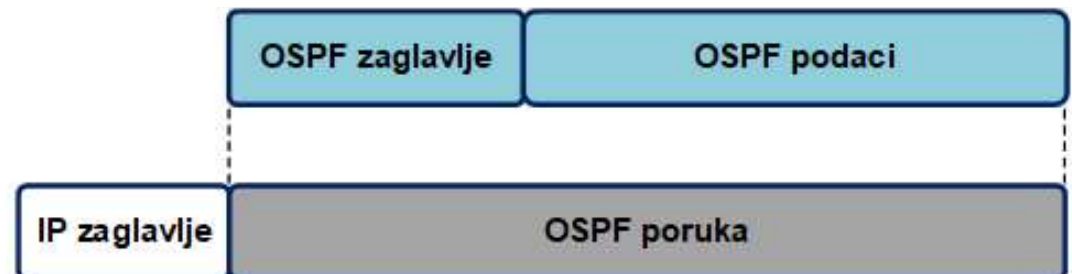
- Brza konvergencija:
 - *Flooding* – intenzivno slanje LSA kroz mrežu
 - Inicijalno po uključivanju rutera
 - Prilikom promene topologije – pad postojećih ili uključenje novih veza
 - Svi ruteri saznaju istu topologiju mreže, iz čega kreiraju različita stabla najkraćih puteva, a zatim i različite ruting tabele
- Opterećenje pri konvergenciji:
 - Zahtevaju više memorije
 - Koriste više informacija
 - Zahtevaju više CPU vremena
 - Računanje najkraćih puteva (*Dijkstra* algoritam)
 - Zahtevaju više propusnog opsega – zbog *flooding-a*
- Opterećenje u stabilnom stanju
 - Nisu zahtevni, prenose se poruke za održavanje susedstva (*keepalive*)

Vrste *Link-State* ruting protokola

- Dve osnovne vrste *Link-State* ruting protokola:
 - *Open Shortest Path First* (OSPF)
 - IETF standard
 - Administrativna distanca 110
 - *Intermediate System-Intermediate System* (IS-IS)
 - ISO standard
 - Administrativna distanca 115

OSPF - *Open Shortest Path First*

- OSPF istorijat
 - 1991, RFC 1247
 - 1998, RFC 2328, OSPFv2, aktuelna verzija
- OSPF poruke
 - 5 različitih vrsta
 - *Hello* – uspostavljanje susedstva
 - DBD – *Database Description*
 - LSR, LSU, LSAck – *Link-State Request / Update / Acknowledgement*
 - Enkapsuliraju se u IP pakete
- Na IP nivou:
 - Identifikacija protokola (*protocol type*): 89
 - Multikast odredišna adresa
 - 224.0.0.5 – „*AllSPFRouters*“
 - 224.0.0.6 – „*AllDRouters*“

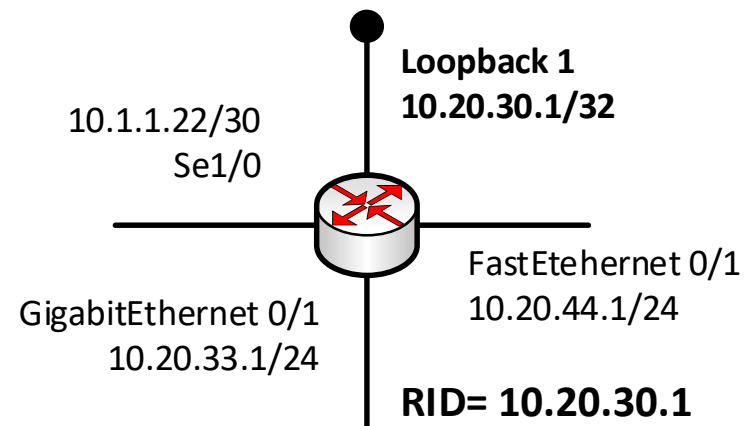
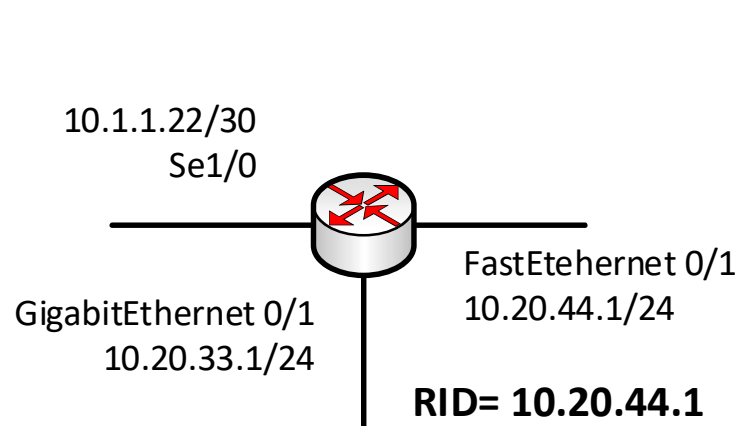


Hello protokol

- Protokol za uspostavljanje susedstva (deo OSPF protokola)
 - Razmena *Hello* poruka
- Uslov za uspostavljanje susedstva (*neighbors*) – isti parametri na oba rutera:
 - Ista IP mrežna adresa (povezani na istu IP mrežu)
 - **Hello interval** – period oglašavanja *Hello* poruka
 - 10 sek na serijskim i *broadcast multi-access* vezama (Ethernet)
 - **Dead interval** – vreme prekida susedstva - izostaju *Hello* poruke
 - 4 x *Hello* interval
 - **Area ID** – broj oblasti (pripadaju istoj oblasti)
 - Autentifikacija (ako se koristi)
 - Ostali parametri
 - „*Stub area flag*“

Identifikacija rutera

- *Loopback* interfejs
 - Logički interfejs
 - Sadrži proizvoljnu IP adresu i masku (maska može da bude „/32“ !)
 - Uvek je aktivan (dostupan, „podignut“ – „*up*“ stanje)
 - Zgodan za pristup ruteru (ping, logovanje itd.)
 - Učestvuje u oglašavanju kroz ruting protokole



- **RID (*Router ID*)**
jedinstveni identifikator rutera na nivou OSPF protokola
 - Najveća IP adresa fizičkog interfejsa, ako nije definisan *loopback* interfejs
 - Najveća IP adresa *loopback* interfejsa, ako postoji

Hello - Uspostavljanje susedstva

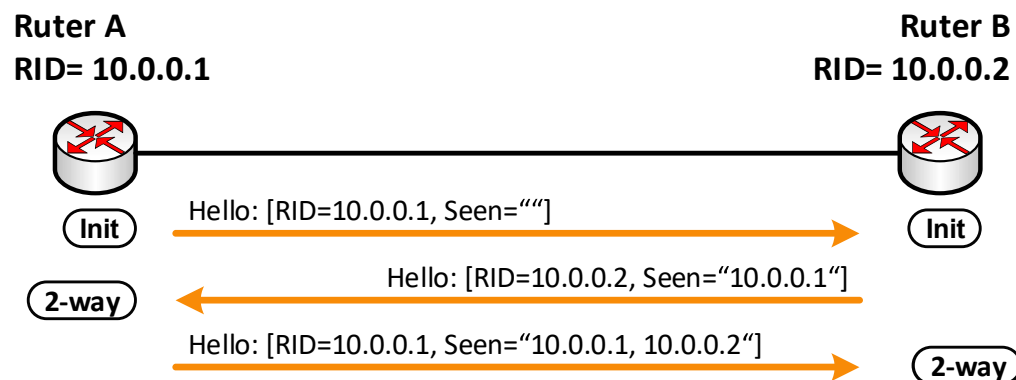
- Obostrano uspostavljanja susedstva putem *Hello* protokola

- Prolazi se kroz sledeća stanja:

- **Down** - početno stanje
- **Init** – nakon podizanja interfejsa, spremni za slanje *Hello* poruka
- **2-way** – uspostavljeno susedstvo, uz sledeće uslove:
 - Prepoznaje se RID u „Seen“ polju koje sadrži sve do tada otkrivane susedne rutera na tom segmentu
 - Usaglašeni su svi obavezni parametri

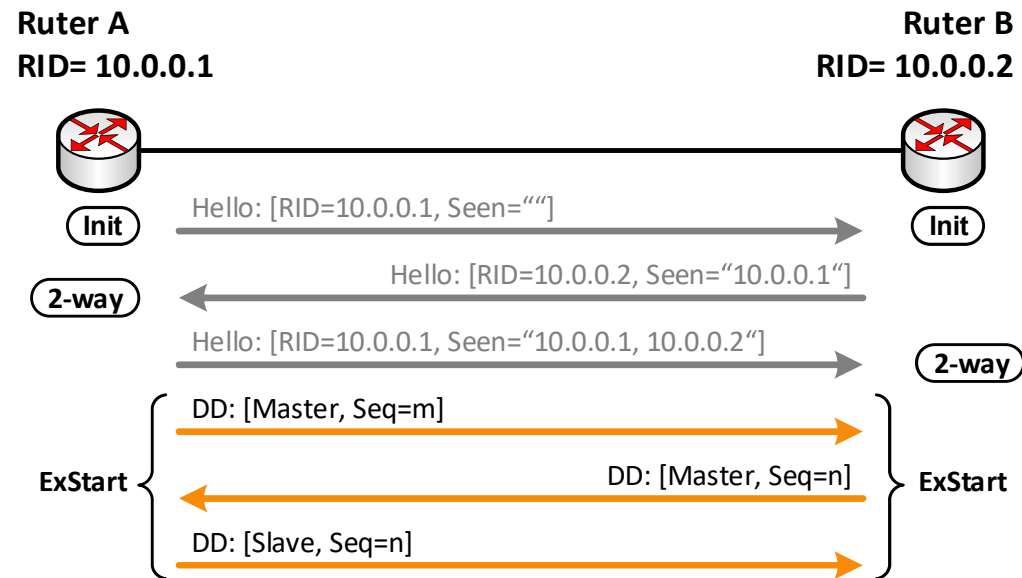
- Dalji proces:

- Ruteri mogu da ostanu u „2-way“ stanju, tzv. *Neighbour* – fizički susedi, ne i OSPF susedi
- Ruteri mogu da nastave razmenu informacija, tzv. *Adjacency* – OSPF susedi



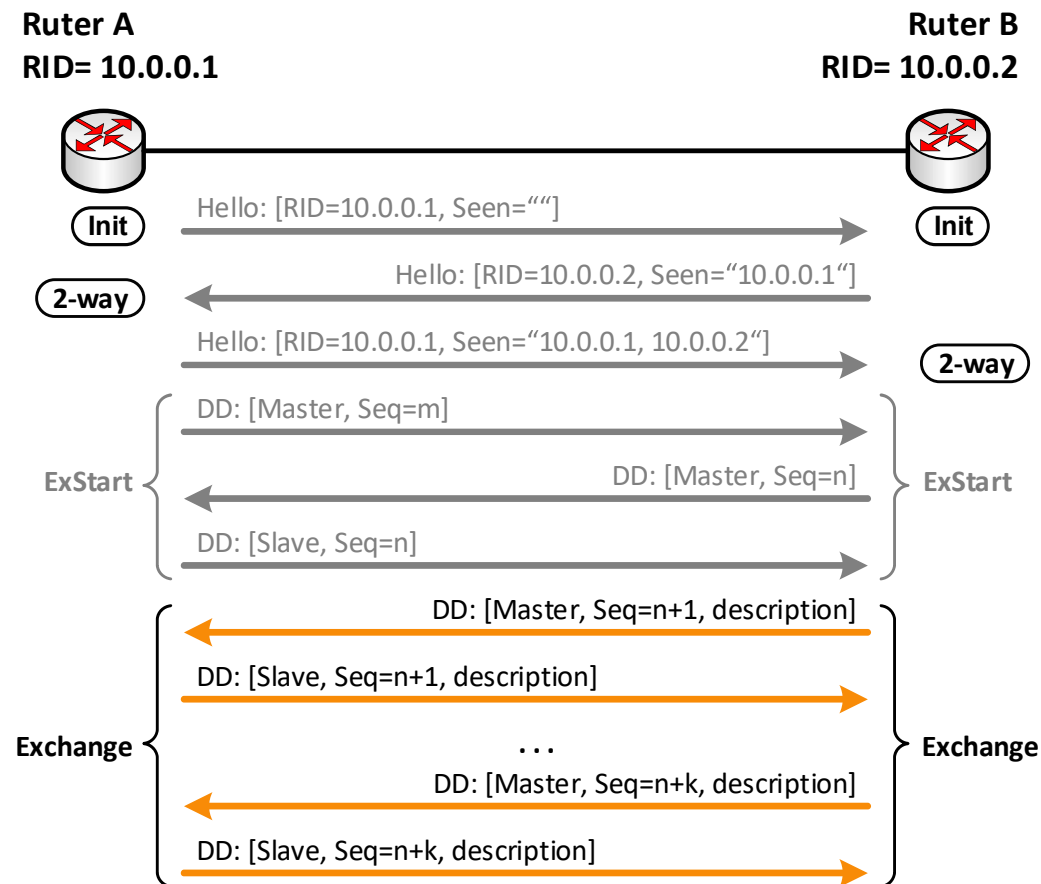
ExStart - Priprema za razmenu

- **ExStart** proces
- Dogovor ko je *Master*, a ko *Slave*
 - *Master* – veći RID
- Inicijalizuje se redni broj paketa tzv. *Sequence Number (Seq)*
- Primer
 - Ruter A predlaže da bude *Master* i postavlja *Seq*
 - Ruter B ima veći RID, postaje *Master* i zadaje *Seq*
 - Ruter A je *Slave* i prihvata *Seq*



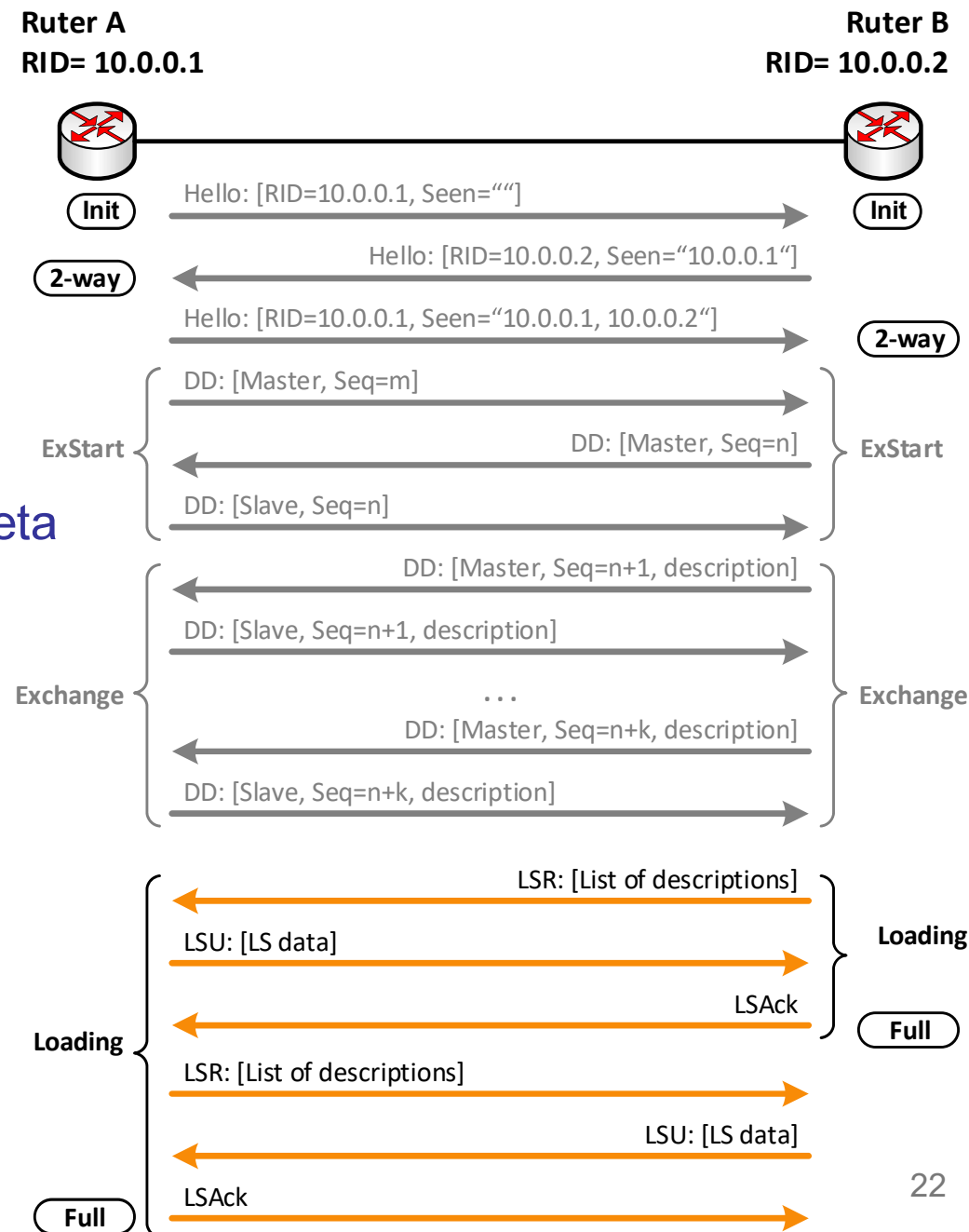
Exchange – razmena deskriptora

- **Exchange** proces
Razmenjuju se LSA podaci iz LSDB tabela
 - Cilj je utvrditi šta nedostaje
- **Master** počinje komunikaciju
- Šalju se *Database Description* (DD) paketi
 - Samo opis podataka, bez potpunih informacija
- Seq se povećava – identifikuje poslate pakete
 - Prati se da li se izgubio neki paket
 - Ako se neki paket izgubi - retransmisija



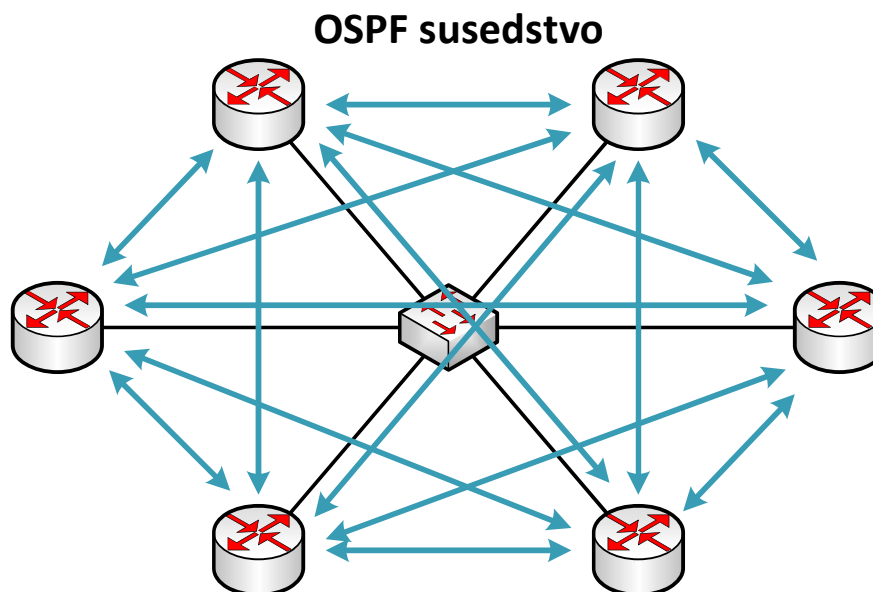
Loading – Razmena podataka

- **Loading** proces razmena svih nedostajućih podataka
- **LSR – Link State Request**
 - Master navodi listu deskriptora nedostajućih podataka
- **LSU – Link State Update**
 - Slave odgovara sa jednim ili više paketa koji sadrže sve nedostajuće podatke
- **LSAck – Link State Acknowledgement**
 - Potvrda prijema podataka
- **Full** - završno stanje
 - LSDB tabele su sinhronizovane



Susedstvo u Ethernet mreži

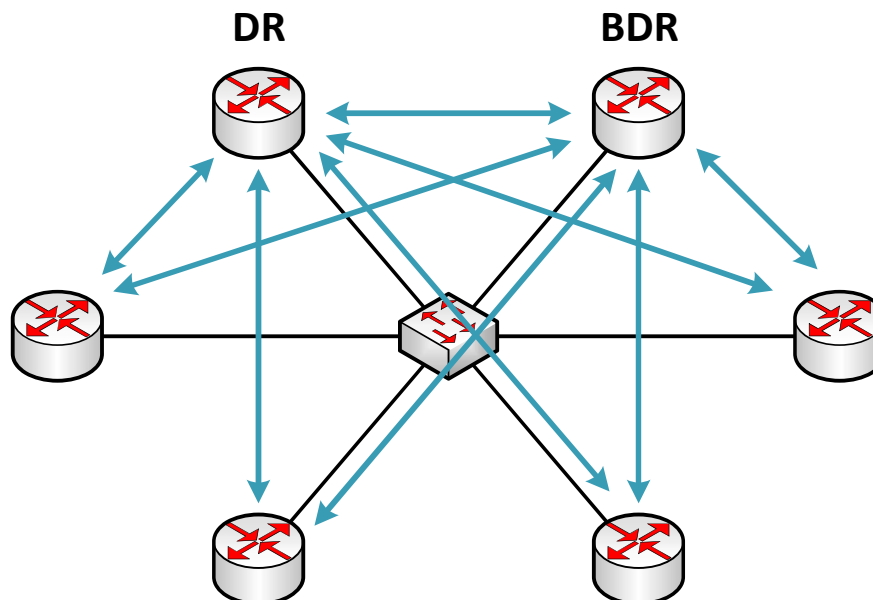
- Ethernet – mreža *multiaccess* tipa
 - Može da bude povezano više rutera
- Razmena *Hello* poruka
 - Svako-sa-svakim?
- Problemi:
 - Skalabilnost - broj veza raste sa kvadratom broja rutera - $n(n-1)/2$
 - Intenzivna komunikacija - *flooding*



| Broj rutera | Broj veza |
|-------------|-----------|
| 2 | 1 |
| 5 | 10 |
| 10 | 45 |
| 20 | 190 |
| 100 | 4950 |

Susedstvo u Ethernet mreži

- Treba izbeći direktno susedstvo (*adjacency*) svako-sa-svakim!
- Rešenje:
 - **DR - *Designated Router*** - centralni ruter pri uspostavljanju susedstva
 - **BDR – *Backup Designated Router*** – rezervni centralni ruter
 - Ostali ruteri se označavaju sa ***DROthers***
 - Jedino DR i BDR uspostavljaju direktno susedstvo sa ostalim ruterima - manji broj suseda (*adjacency*)
 - Razmena SLA se sprovodi preko DR



Izbor DR i BDR u Ethernet mreži

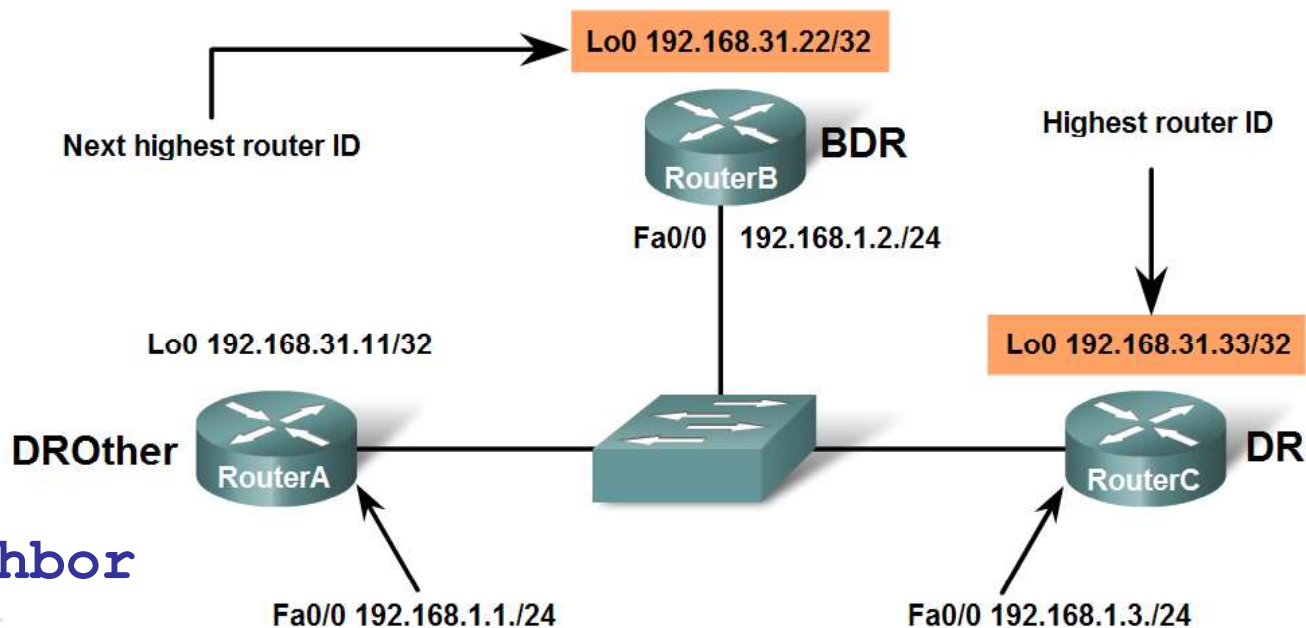
- “Prioritet” – prioritet pri izboru DR i BDR
 - Dodeljuje se interfejsu rutera
 - Broj od 0 do 255
 - **Veća vrednost označava veći prioritet**
 - Vrednost 0 označava da ruter ne učestvuje u izboru za DR i BDR
 - Sadržan u *Hello* porukama
- Pravila izbora DR i BDR
 - Ruter sa najvećim prioritetom postaje DR
 - Ruter sa sledećim najvećim prioritetom postaje BDR
 - Ako su prioriteti isti, gleda se najveći RID za izbor DR i BDR

Izbor DR i BDR u Ethernet mreži

Primer:

komanda

`show ip ospf neighbor`



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

| Neighbor ID | Pri | State | Dead Time | Address | Interface |
|---------------|-----|----------|-----------|-------------|-----------------|
| 192.168.31.33 | 1 | FULL/DR | 00:00:39 | 192.168.1.3 | FastEthernet0/0 |
| 192.168.31.22 | 1 | FULL/BDR | 00:00:36 | 192.168.1.2 | FastEthernet0/0 |

```
RouterB#show ip ospf neighbor
```

| Neighbor ID | Pri | State | Dead Time | Address | Interface |
|---------------|-----|--------------|-----------|-------------|-----------------|
| 192.168.31.33 | 1 | FULL/DR | 00:00:34 | 192.168.1.3 | FastEthernet0/0 |
| 192.168.31.11 | 1 | FULL/DROTHER | 00:00:38 | 192.168.1.1 | FastEthernet0/0 |

```
RouterC#show ip ospf neighbor
```

| Neighbor ID | Pri | State | Dead Time | Address | Interface |
|---------------|-----|--------------|-----------|-------------|---------------|
| 192.168.31.22 | 1 | FULL/BDR | 00:00:35 | 192.168.1.2 | FastEthernet0 |
| 192.168.31.11 | 1 | FULL/DROTHER | 00:00:32 | 192.168.1.1 | FastEthernet0 |

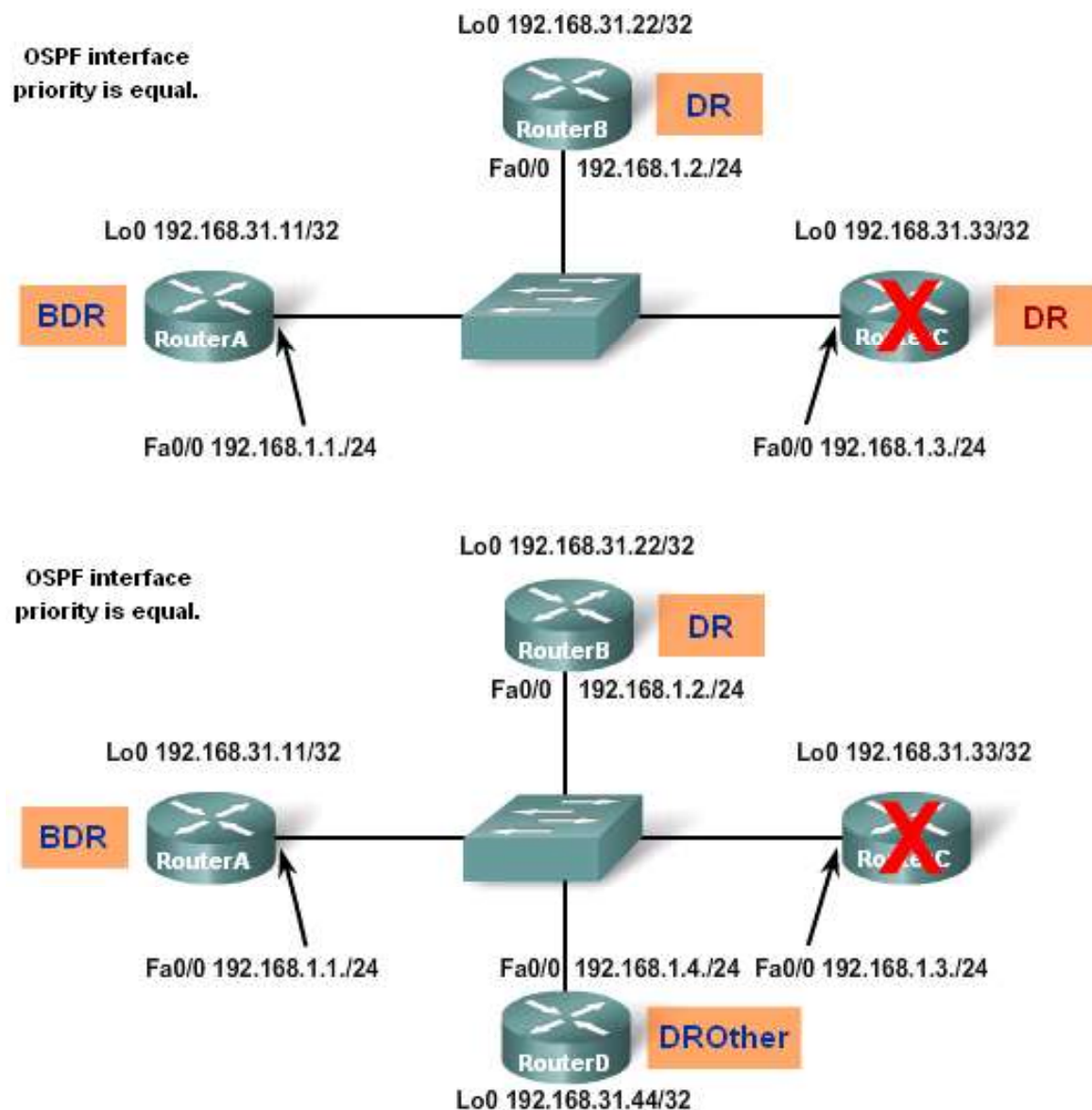
Izbor DR i BDR u Ethernet mreži

- Novododati ruteri neće izazvati promenu DR i BDR, bez obzira na njihove prioritete ili IP adrese
 - Da bi se smanjio *flooding* prema ostalim ruterima
- DR i BDR će izgubiti ove funkcije jedino u sledećim slučajevima:
 - Kada ruter prestane da radi
 - Interfejs rutera prestane da radi
 - OSPF na ruteru prestane da radi
- DR i BDR treba da budu ruteri većih performansi – kako uticati?
 - Bitan je redosled uključivanja rutera

Izbor DR i BDR u Ethernet mreži

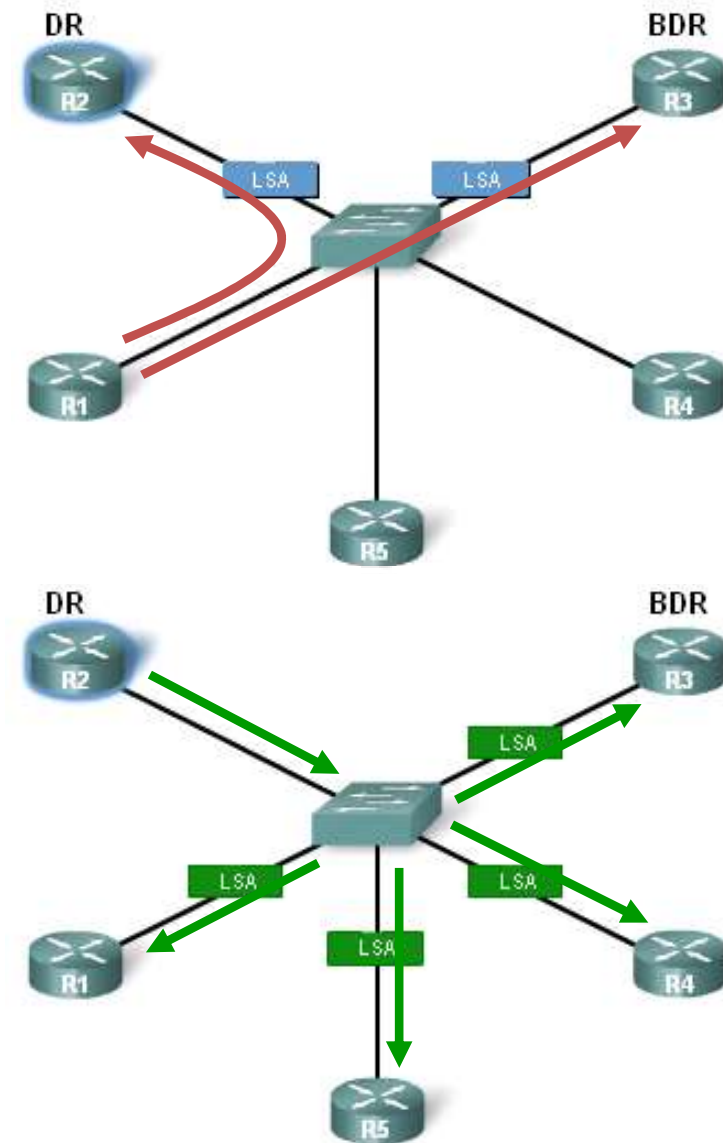
Primer:

- Inicijalno stanje, svi ruteri imaju iste prioritete:
DR – C, BDR – B
- Ruter C se isključuje:
DR – B, BDR – A
- Dodaje se ruter D sa najvećom IP adresom:
DR – B, BDR – A
- Ruter C se ponovo uključuje (nije prikazano):
DR – B, BDR – A
- Ako padne ruter A, BDR postaje ruter D



Prenos SLA u Ethernet mreži

- DROthers ruteri šalju LSA na multikast adresu 224.0.0.6 (*AllDRouters*)
- DR i BDR ruteri “služaju” saobraćaj na *AllDRouters* multikast adresi i primaju LSA
- Samo DR (ne i BDR) prosleđuje LSA paket na multikast adresu 224.0.0.5 (*AllSPFRouters*)
- Svi OSPF ruteri “služaju” saobraćaj na *AllSPFRouters* multikast adresi i primaju LSA



OSPF metrika

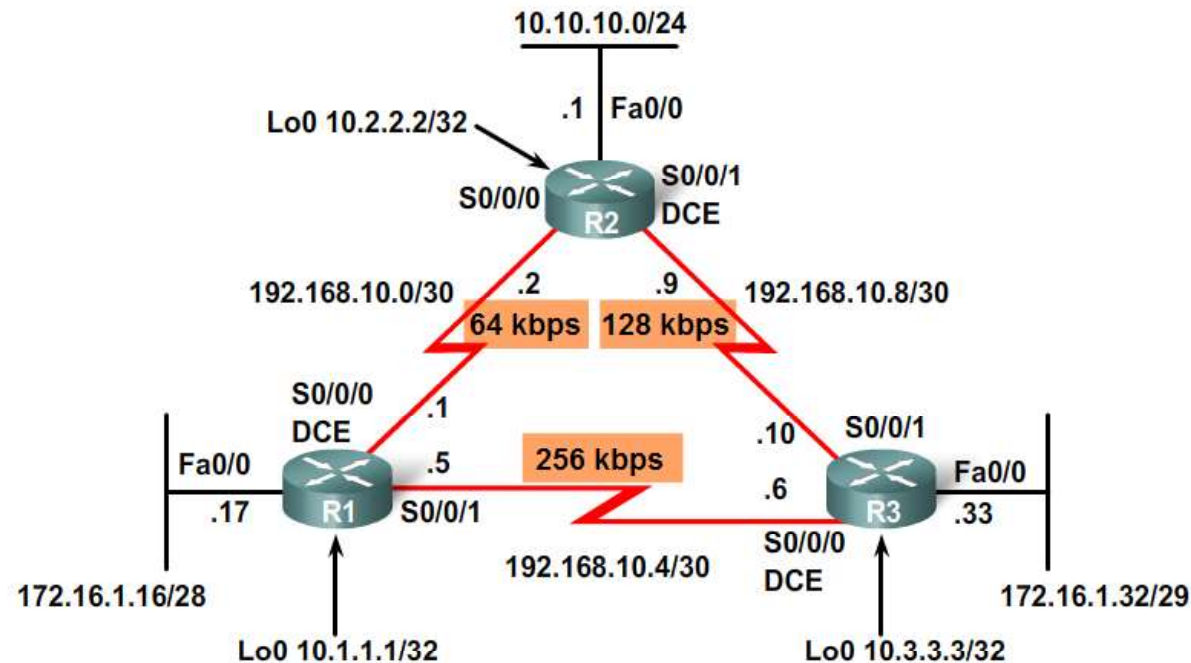
- Cena (*Cost*)
 - Izvedena iz propusnog opsega veze - *bandwidth*
 $cena = 10^8 / bandwidth$
 - Manja cena, veći prioritet
 - Propusni opseg se definiše na interfejsu rutera
 - Ne utiče na stvarnu brzinu veze
 - Služi samo za određivanje cene veze

| Interface Type | $10^8/\text{bps} = \text{Cost}$ |
|--------------------------|------------------------------------|
| Fast Ethernet and faster | $10^8/100,000,000 \text{ bps} = 1$ |
| Ethernet | $10^8/10,000,000 \text{ bps} = 10$ |
| E1 | $10^8/2,048,000 \text{ bps} = 48$ |
| T1 | $10^8/1,544,000 \text{ bps} = 64$ |
| 128 kbps | $10^8/128,000 \text{ bps} = 781$ |
| 64 kbps | $10^8/64,000 \text{ bps} = 1562$ |
| 56 kbps | $10^8/56,000 \text{ bps} = 1785$ |

OSPF metrika

- Predefinisana vrednost za serijske interfejsje je 1544 kbps (T1 linija) nezavisno od toga na kojoj brzini je veza uspostavljena

Differences Between Default and Actual Bandwidth



```
R1#show interface serial 0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
Description: Link to R2
Internet address is 192.168.10.1/30
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit, DLY 20000 usec,
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
```

Default Bandwidth = 1544 kbps

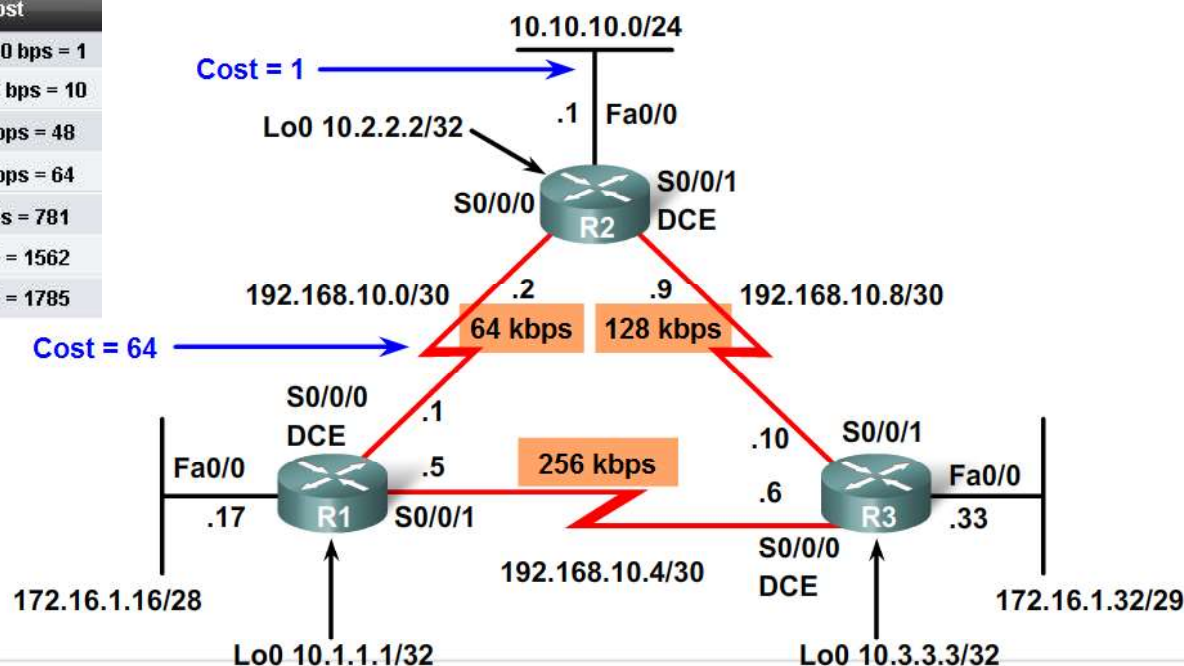
Actual Bandwidth = 64 kbps

OSPF metrika

- Cena putanje do mreže – kumulativna cena svih linkova na putanji
- Imamo neoptimalno rutiranje ako ne postavimo stvarnu metriku

| Interface Type | $10^8/\text{bps} = \text{Cost}$ |
|--------------------------|------------------------------------|
| Fast Ethernet and faster | $10^8/100,000,000 \text{ bps} = 1$ |
| Ethernet | $10^8/10,000,000 \text{ bps} = 10$ |
| E1 | $10^8/2,048,000 \text{ bps} = 48$ |
| T1 | $10^8/1,544,000 \text{ bps} = 64$ |
| 128 kbps | $10^8/128,000 \text{ bps} = 781$ |
| 64 kbps | $10^8/64,000 \text{ bps} = 1562$ |
| 56 kbps | $10^8/56,000 \text{ bps} = 1785$ |

OSPF Accumulates Cost



```
R1#show ip route
Codes: <some code output omitted>
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

<route output omitted>
O       10.10.10.0/24 [110/65] via 192.168.10.2, 14:27:57, Serial0/0/0
```

Accumulated Cost = 65

OSPF metrika

- Uspostavljanje željene metrike u OSPF mreži:
 - Definisanje stvarne brzine na interfejsima

```
R1(config)#inter serial 0/0/0
R1(config-if)#bandwidth 64
R1(config-if)#inter serial 0/0/1
R1(config-if)#bandwidth 256
R1(config-if)#end
R1#show ip ospf interface serial 0/0/0
Serial0/0 is up, line protocol is up
 Internet Address 192.168.10.1/30, Area 0
  Process ID 1, Router ID 10.1.1.1, Network Type POINT_TO_POINT, Cost: 1562
  Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
  <output omitted>
```

$10^8 / 64,000 \text{ bps} = 1562$

Cost: 1562

- Definisanje konkretne cene na interfejsima

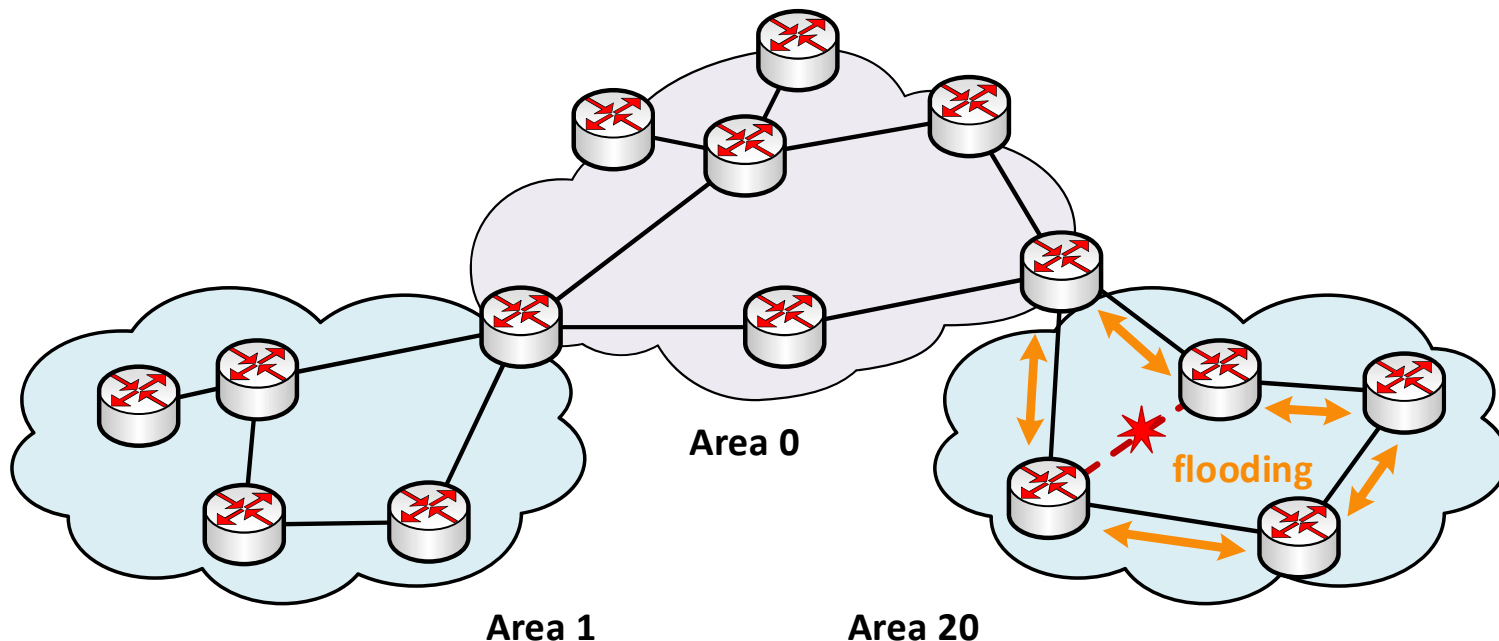
```
R1(config)#inter serial 0/0/0
R1(config-if)#ip ospf cost 1562
R1(config-if)#end
R1#show ip ospf interface serial 0/0/0
Serial0/0 is up, line protocol is up
 Internet Address 192.168.10.1/30, Area 0
  Process ID 1, Router ID 10.1.1.1, Network Type POINT_TO_POINT, Cost: 1562
  Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
  <output omitted>
```

No Calculation Needed

Cost: 1562

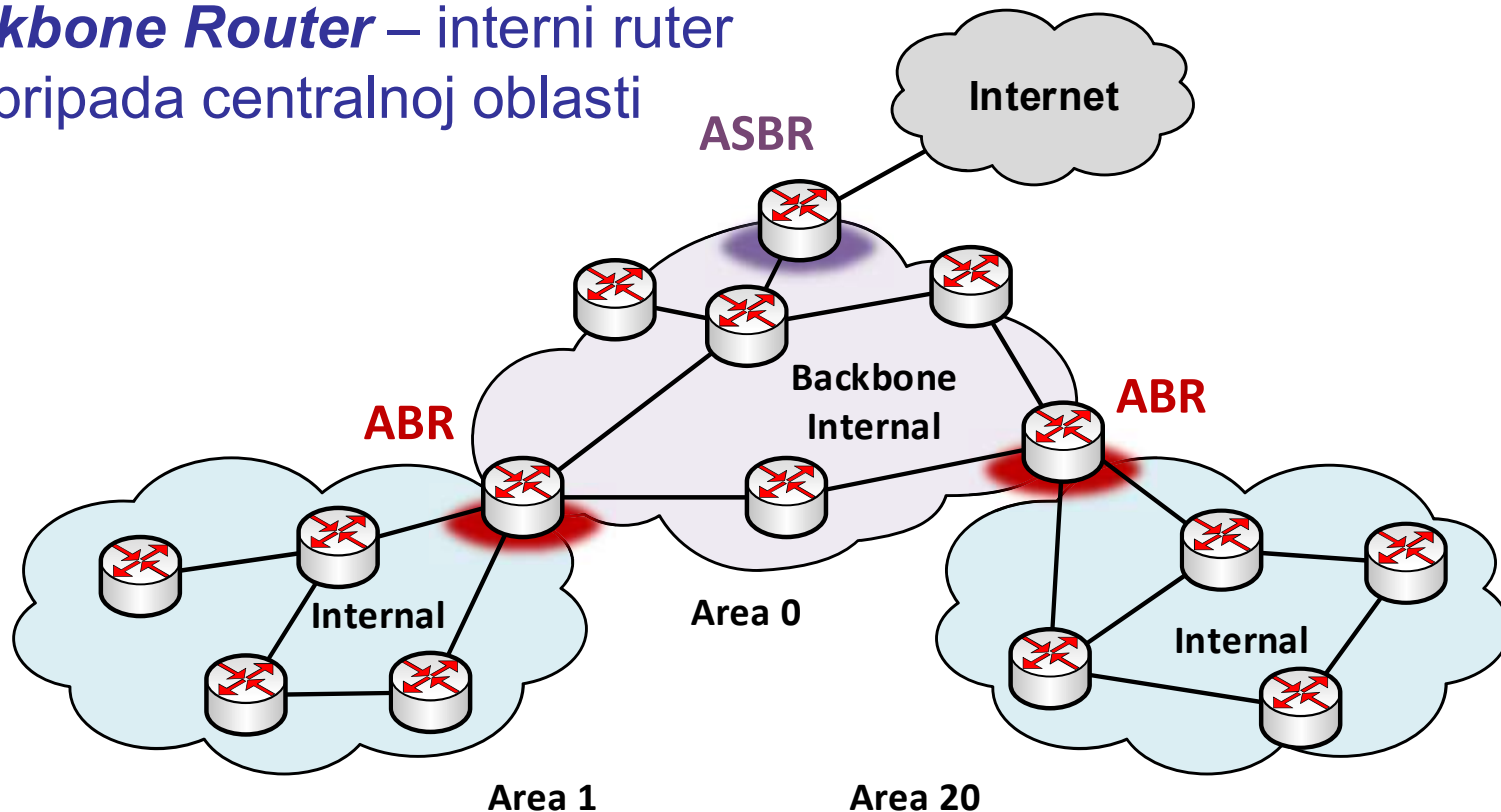
OSPF oblasti - *Areas*

- Podela mreže na oblasti, u dva nivoa hijerarhije:
 - Centralna oblast – Area 0 (*Backbone Area, Transit Area*)
 - Periferne oblasti – Area n (n celobrojna vrednost)
- Sve periferne oblasti se povezuju isključivo na centralnu oblast



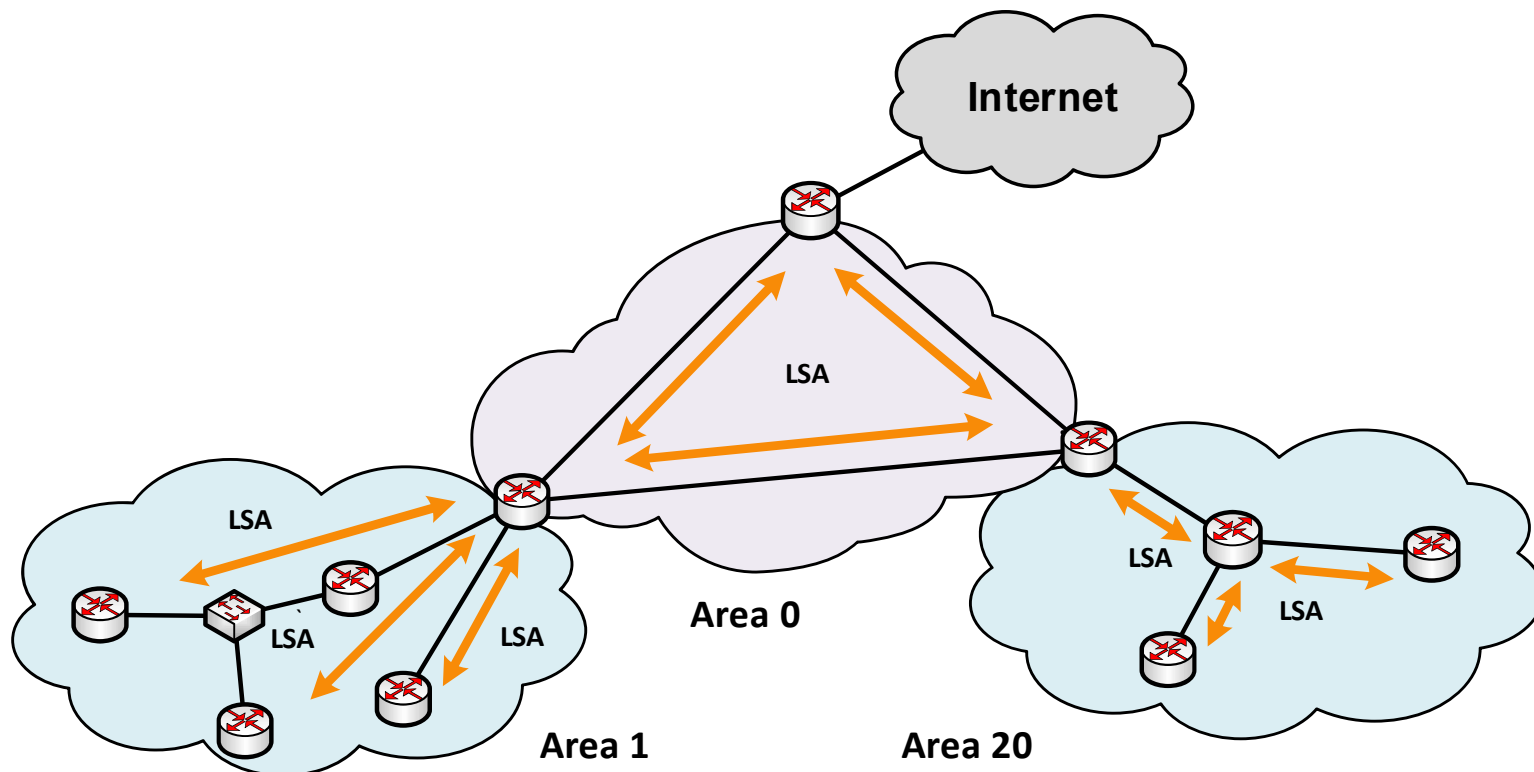
OSPF vrste rutera

- Vrste rutera prema mestu i ulozi u oblasti:
 - **ABR (Area Border Router)**
granični ruter između oblasti (centralne i periferne)
 - **ASBR (Autonomous System Boundary Router)**
granični ruter između OSPF domena i nekog drugog rutinog domena
 - **Internal Router** – interni ruter koji pripada samo jednoj oblasti
 - **Backbone Router** – interni ruter koji pripada centralnoj oblasti



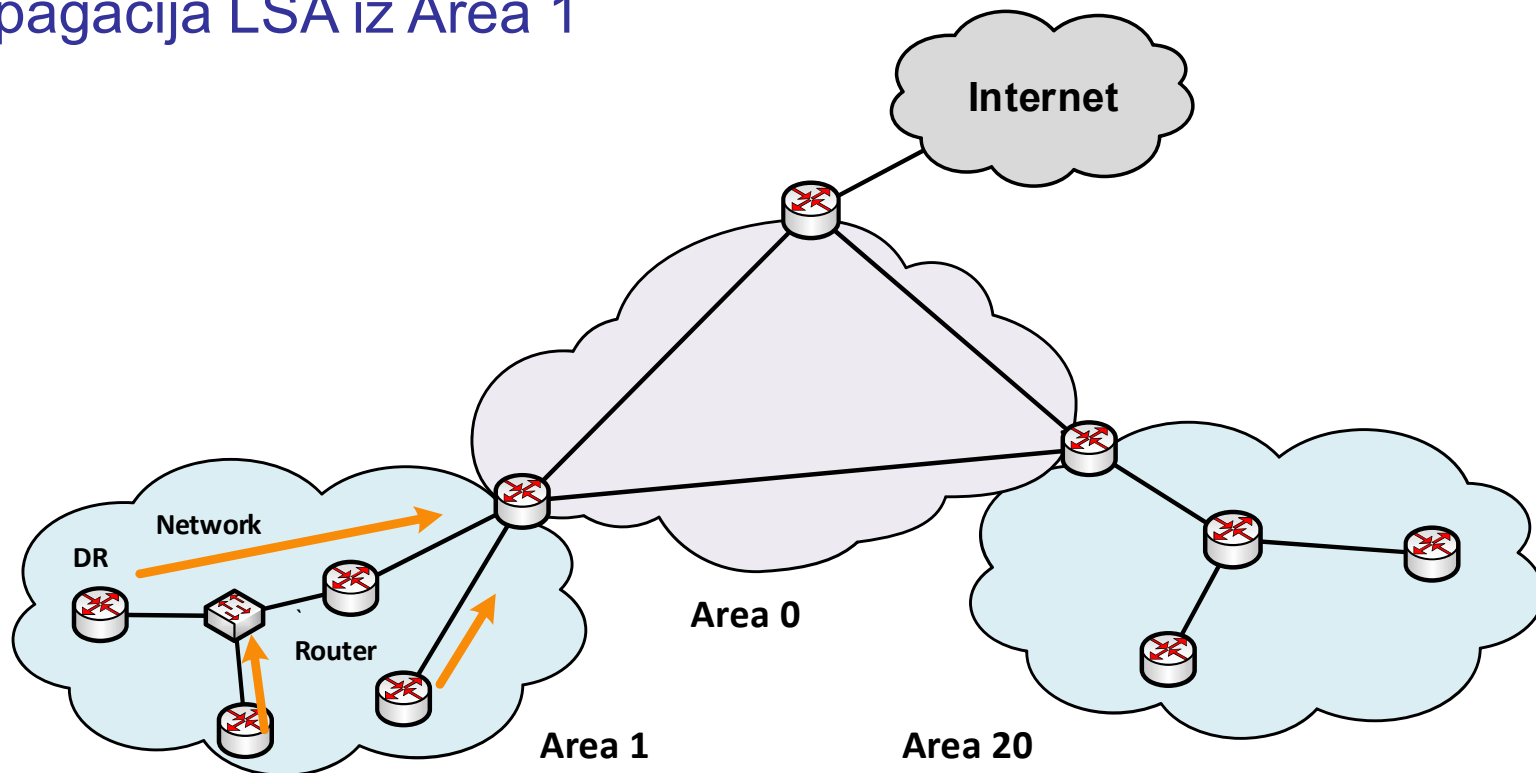
Vrste LSA

- Vrste LSA prema načinu oglašavanja u i prenošenju između oblasti:
 - **Router LSA** – tip 1
 - **Network LSA** – tip 2
 - **Summary LSA** – tip 3 i 4
 - **External LSA** - tip 5



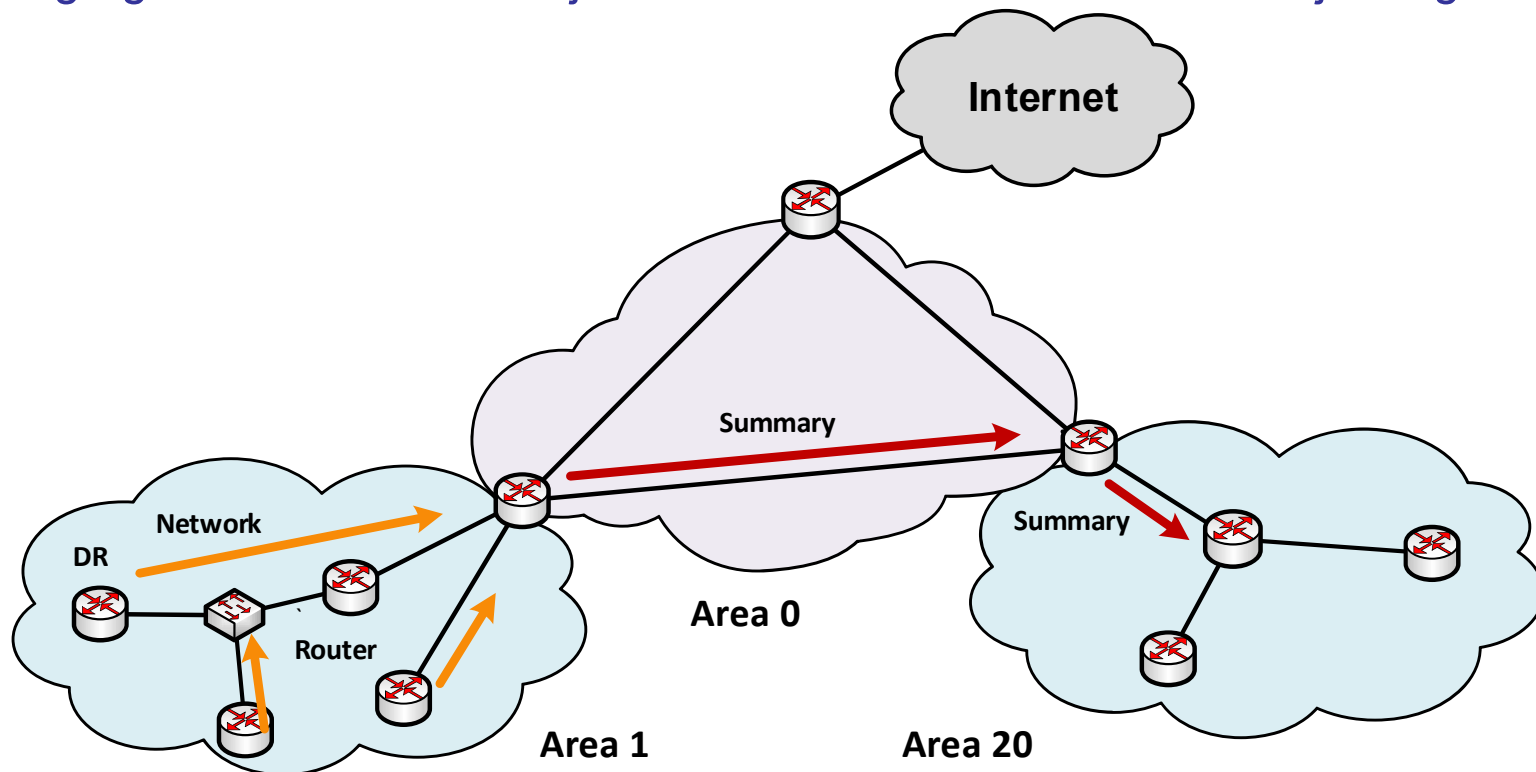
Vrste LSA

- **Router LSA** – tip 1 (u ruting tabeli označene sa “O” – *intra-area*)
 - Generišu svi ruteri, daju informacije o svim interfejsima
 - Propagiraju unutar jedne oblasti, ne prenose se između oblasti
- **Network LSA** – tip 2 (u ruting tabeli označene sa “O” – *intra-area*)
 - Generiše DR ruter - oglašava se Ethernet mreža prema ostalim ruterima u oblasti
 - Propagiraju se unutar jedne oblasti, ne prenose se između oblasti
- Primer:
 - Propagacija LSA iz Area 1



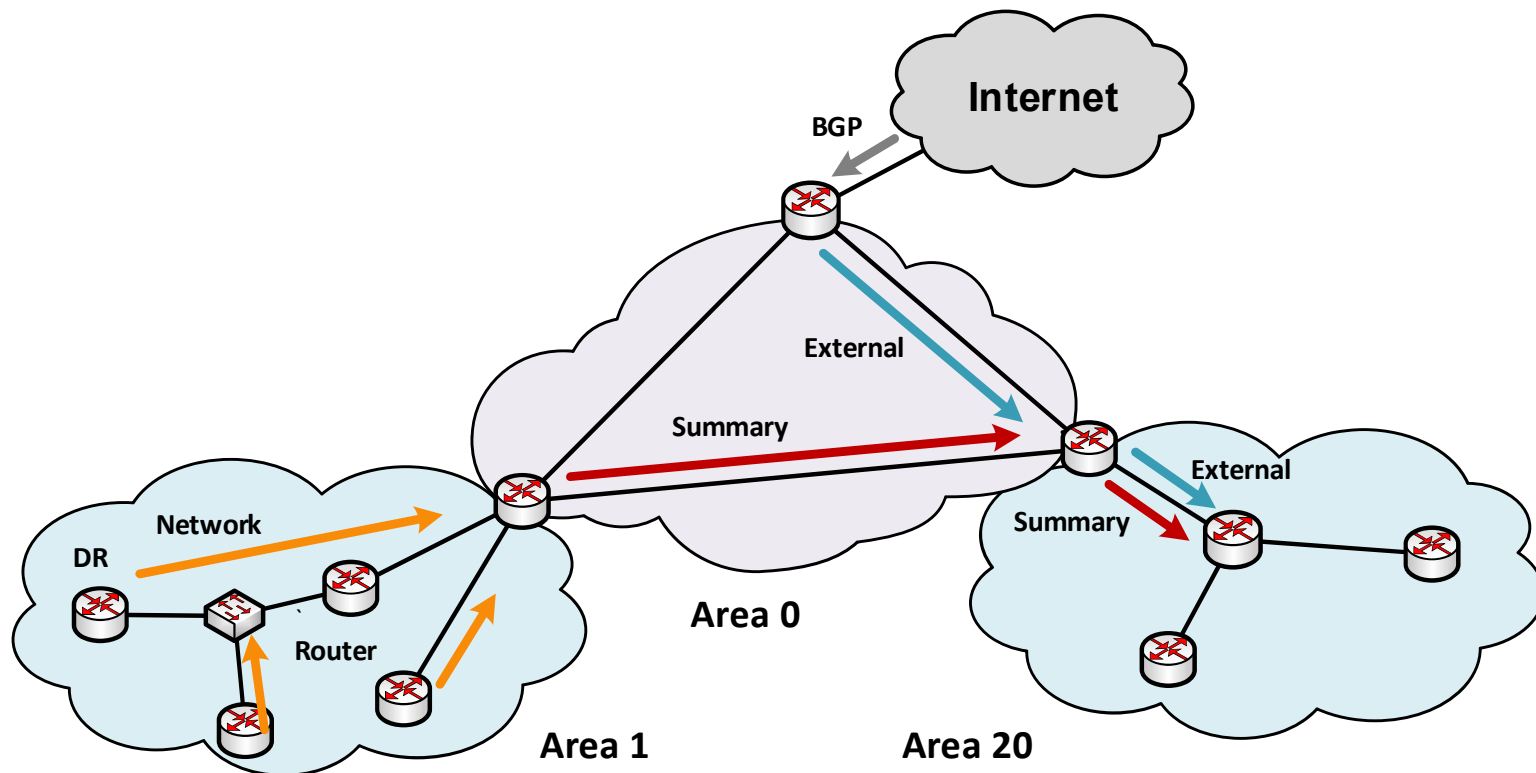
Vrste LSA

- **Summary LSA** – tip 3 i 4 (u ruting tabeli označene sa “O IA” – *inter-area*)
 - **Tip 3** – LSA u koje se pretvaraju **Router LSA (tip 1)** i **Network LSA (tip 2)** na **ABR**
 - Informacije o lokalnim linkovima i mrežama, koje ABR iz jedne oblasti prenosi kroz Area 0 i preko drugih ABR unose se u druge oblasti
 - **Tip 4** – LSA koje oglašava ASBR rutera za svoje interfejse (informacije kako mu pristupiti)
- Smanjenje *flooding-a*
 - Router LSA i Network LSA se na ABR pretvaraju u Summary LSA i prenosi se u sve oblasti
 - Promene u jednoj oblasti – ne preračunava se SPF algoritam u drugim oblastima
 - Cilj je agregirati sve IP mreže iz jedne oblasti - dodatno se rasterećuju druge oblasti



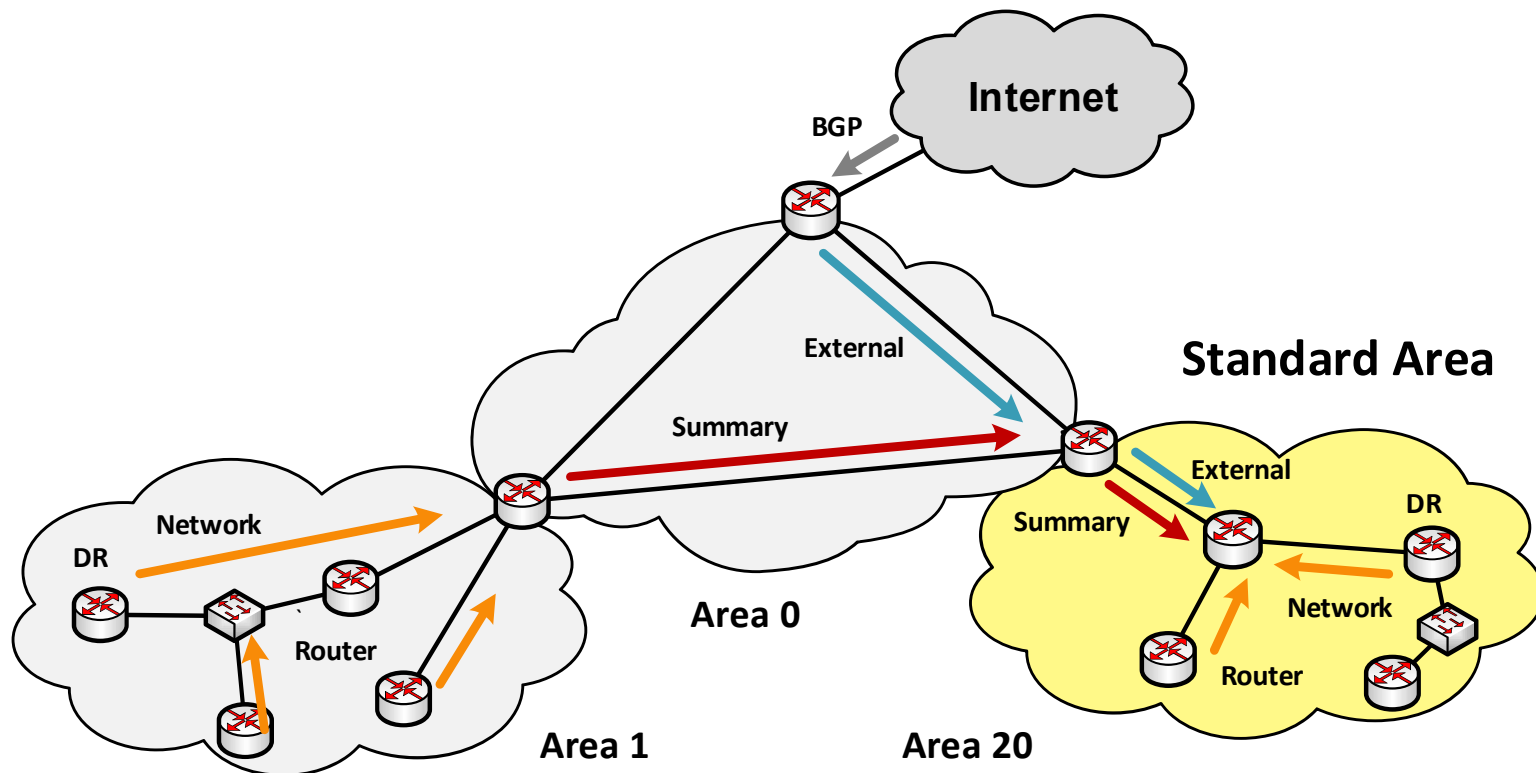
Vrste LSA

- **External LSA** - tip 5 (u ruting tabeli označene sa “O E1” i “O E2”)
 - Informacije o mrežama van OSPF domena, koje generiše ASBR i ubacuje OSPF
 - Dve vrste:
 - O E1 – na metriku iz drugog ruting domena dodaje se OSPF metrika (kumulativna cena)
 - O E2 – na metriku iz drugog ruting domena NE dodaje se OSPF metrika, nepromenjena u svim oblastima



Vrste oblasti

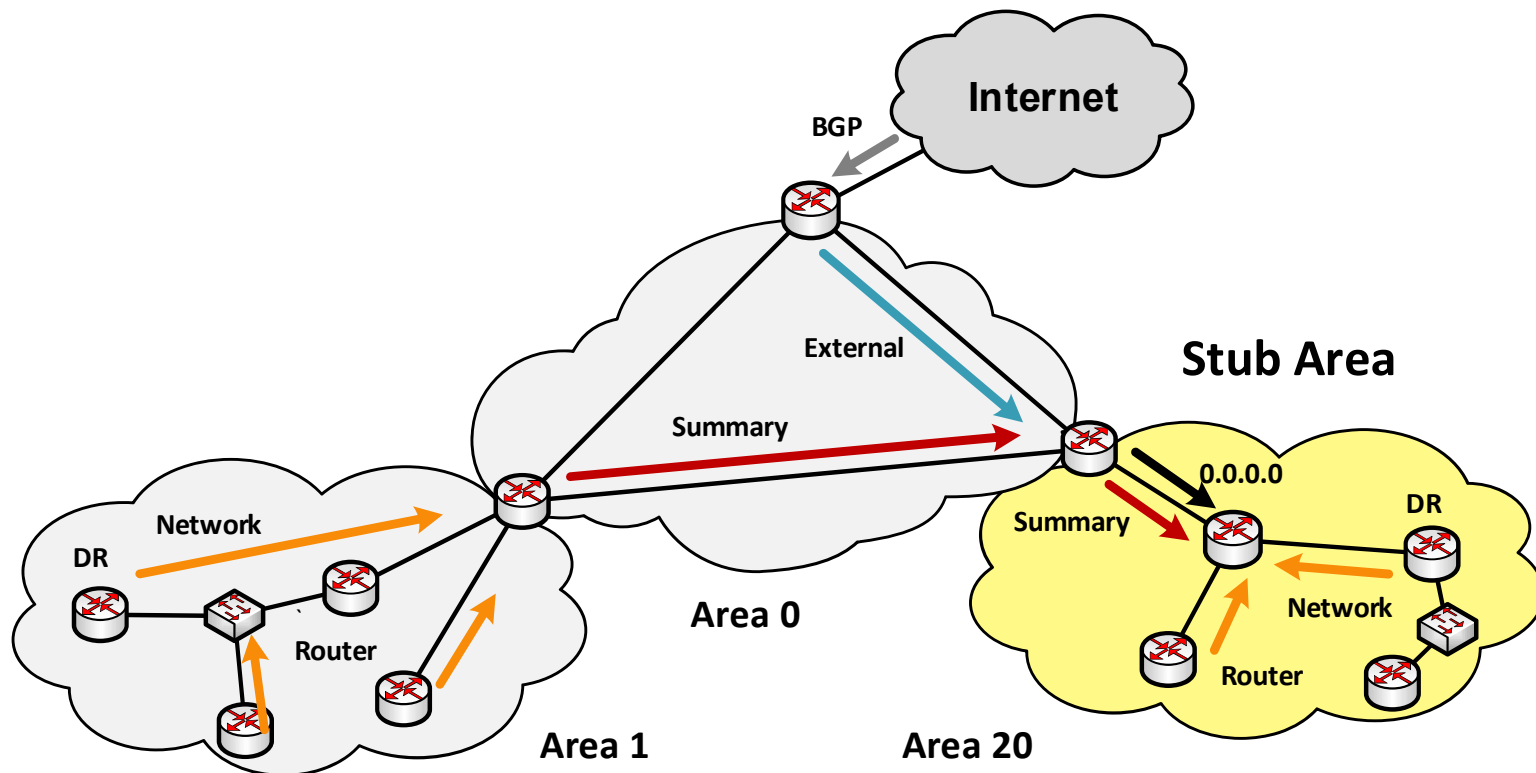
- Podela oblasti prema vrsti LSA paketa koje u njih ulaze
- **Standard Area (Ordinary)** – obična oblast
 - Unutra sadrži *Router LSA* i *Network LSA*
 - Prihvata sve vrste LSA – ulaze i *Summary* i *External LSA*
- *Backbone Area* je uvek *Standard Area*



Vrste oblasti

- **Stub Area**

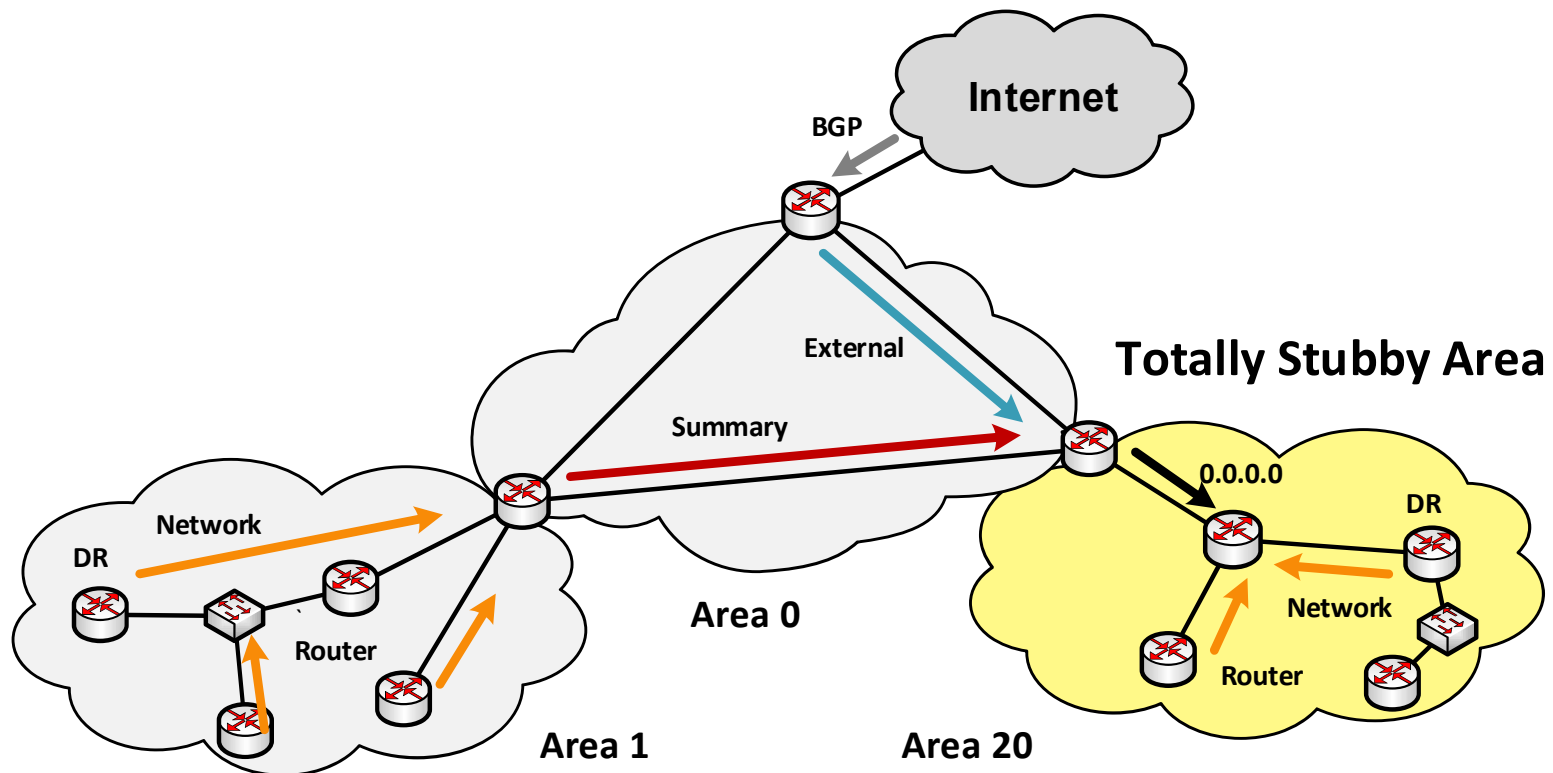
- Periferna oblast, ne prima *External* LSA (E1 i E2)
- Sadrži samo lokalne LSA unutar ove oblasti - *intra-area* LSA
- ABR ruteri automatski generišu difoltnu rutu i ubacuju je u oblast
 - Za saobraćaj prema odredištima van OSPF domena
- *Stub* fleg – mora biti postavljen na svim ruterima u *Stub Area*



Vrste oblasti

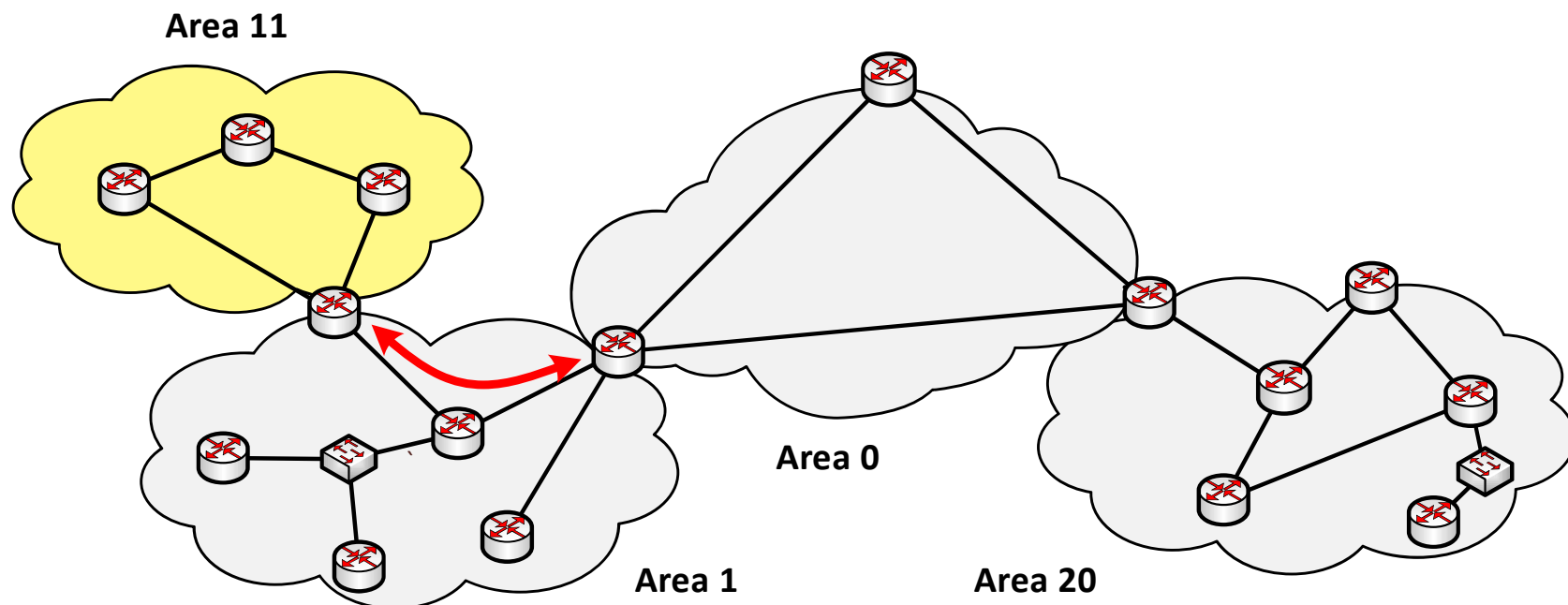
- ***Totally Stubby Area***

- Periferna oblast, ne prima ni *External* LSA ni *Summary* LSA
- Sadrži samo lokalne LSA unutar ove oblasti - *intra-area* LSA
- ABR ruteri automatski generišu difoltnu rutu i ubacuju je u oblast
 - Za saobraćaj prema odredištima van OSPF domena
- *Stub flag* – mora biti postavljen na svim ruterima u *Totally Stubby Area*



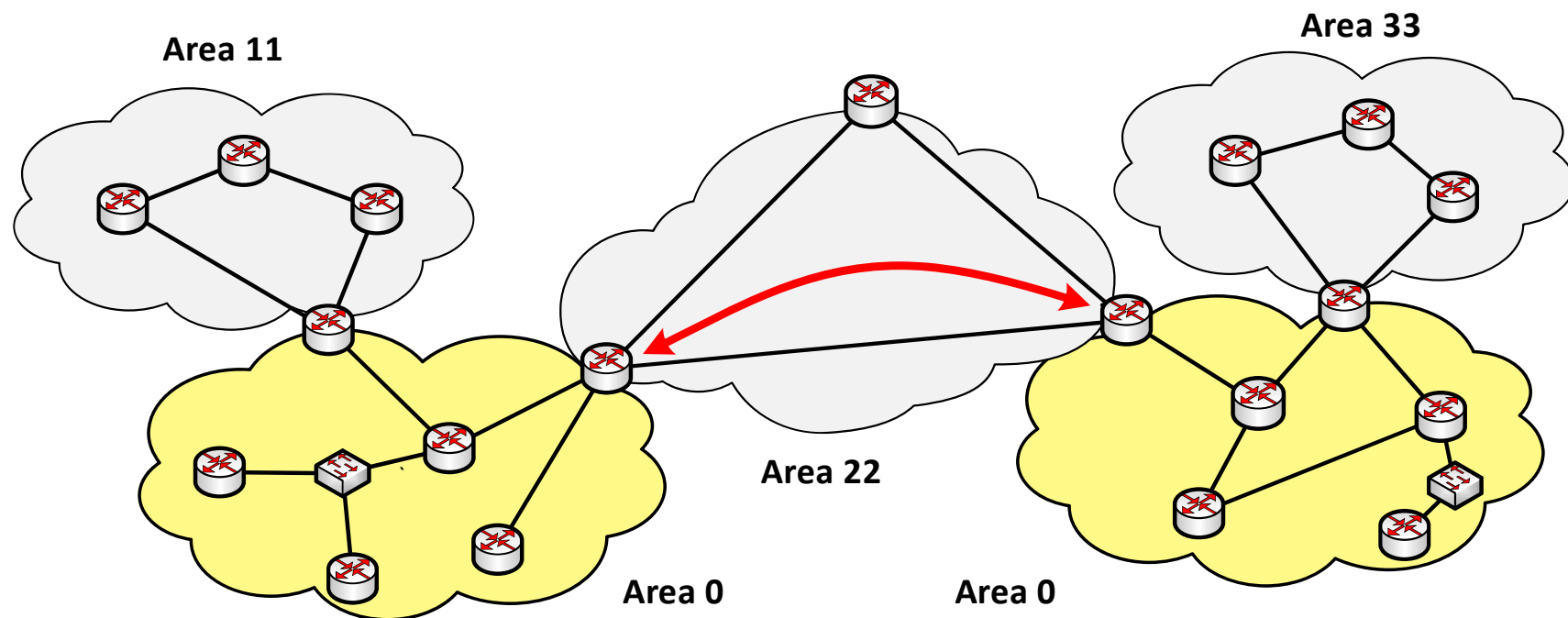
Virtuelni linkovi

- Virtuelni linkovi
 - Mogućnost stvaranja logičkih veza (tunela) do ABR-a kroz neku drugu oblast
- Kada ne postoji fizička veza između periferne i centralne oblasti
 - Fizičko povezivanje jedne periferne oblasti na drugu perifernu oblast
 - Virtuelno (logičko) povezivanje periferne oblasti na centralnu oblast



Virtuelni linkovi

- Virtualni linkovi između dva dela centralne oblasti
 - Kada ne postoji fizička veza unutar centralne oblasti
- Primer
 - spajanje dva OSPF domena



OSPF – primer konfiguracije

1. korak - konfigurisanje OSPF procesa na Cisco ruteru:

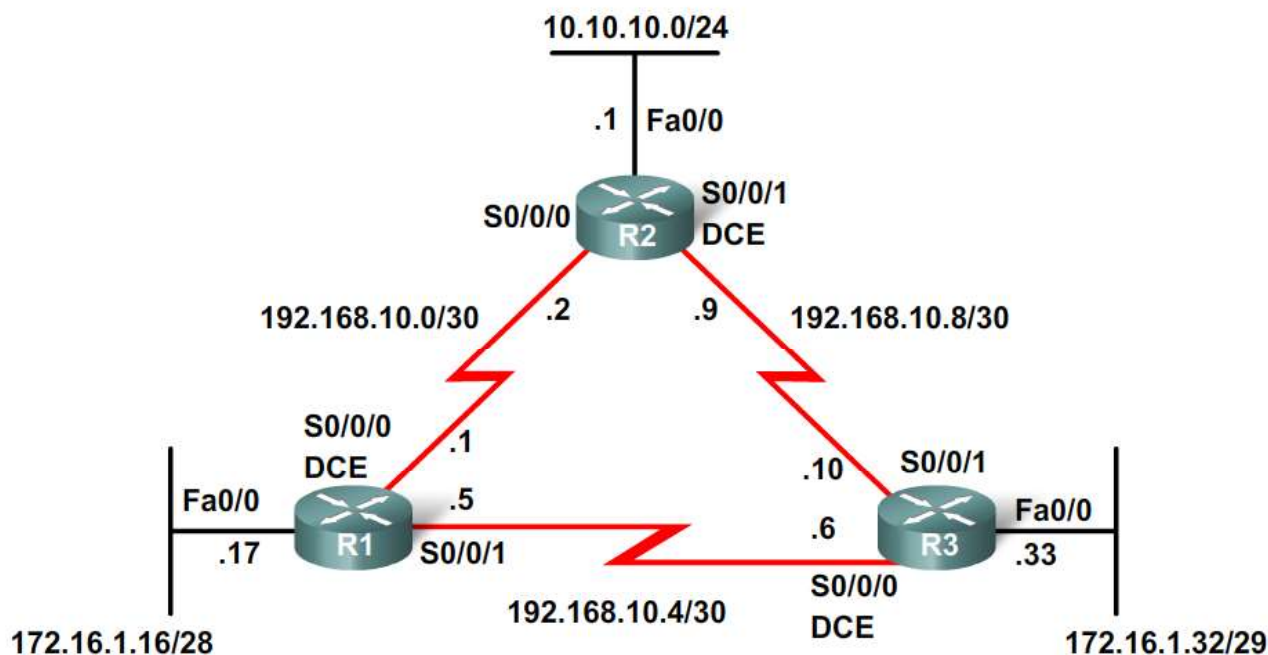
R(config)#**router ospf process-id**

- *process-id* – broj od 1 do 65535, lokalno značenje samo na tom ruteru, nezavisno od drugih rutera (može biti različito na drugim ruterima)

```
R1(config)#router ospf 1  
R1(config-router)#
```

```
R2(config)#router ospf 1  
R2(config-router)#
```

```
R3(config)#router ospf 1  
R3(config-router)#
```



OSPF – primer konfiguracije

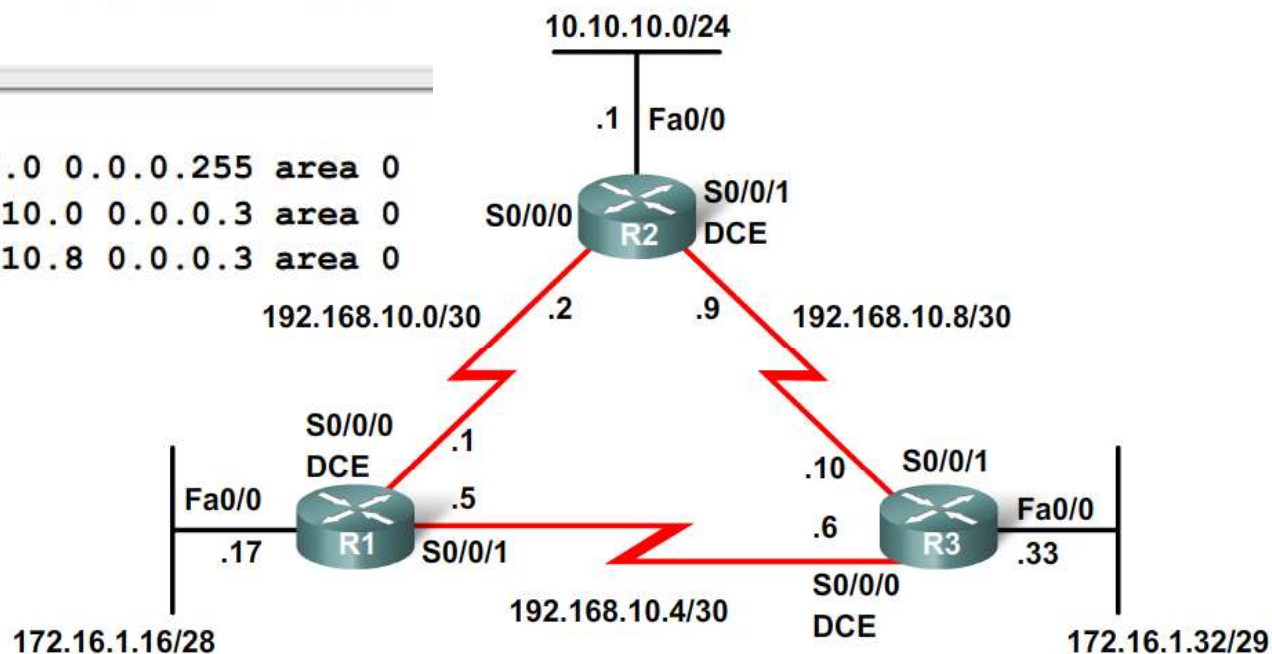
2. korak - Konfigurisanje mreža koje se oglašavaju u OSPF domenu

R(config-router)#**network** *network-address wildcard area area-id*

- *network-address* – IP adresa mreže
- *wildcard* – maska u inverznom obliku – vodeće nule, prateće jedinice !
- *area-id* – broj oblasti, globalno značenje, usaglašen na svim ruterima

```
R1(config)#router ospf 1  
R1(config-router)#network 172.16.1.16 0.0.0.15 area 0  
R1(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.3 area 0  
R1(config-router)#network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
```

```
R2(config)#router ospf 1  
R2(config-router)#network 10.10.10.0 0.0.0.255 area 0  
R2(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.3 area 0  
R2(config-router)#network 192.168.10.8 0.0.0.3 area 0
```



OSPF – primer konfiguracije

Listanje ruting tabele:

R1#**show ip route**

```
R1#show ip route
```

```
Codes: <some code output omitted>
```

```
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets
```

```
C    192.168.10.0 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
C    192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/1
```

```
O    192.168.10.8 [110/128] via 192.168.10.2, 14:27:57, Serial0/0/0
```

```
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

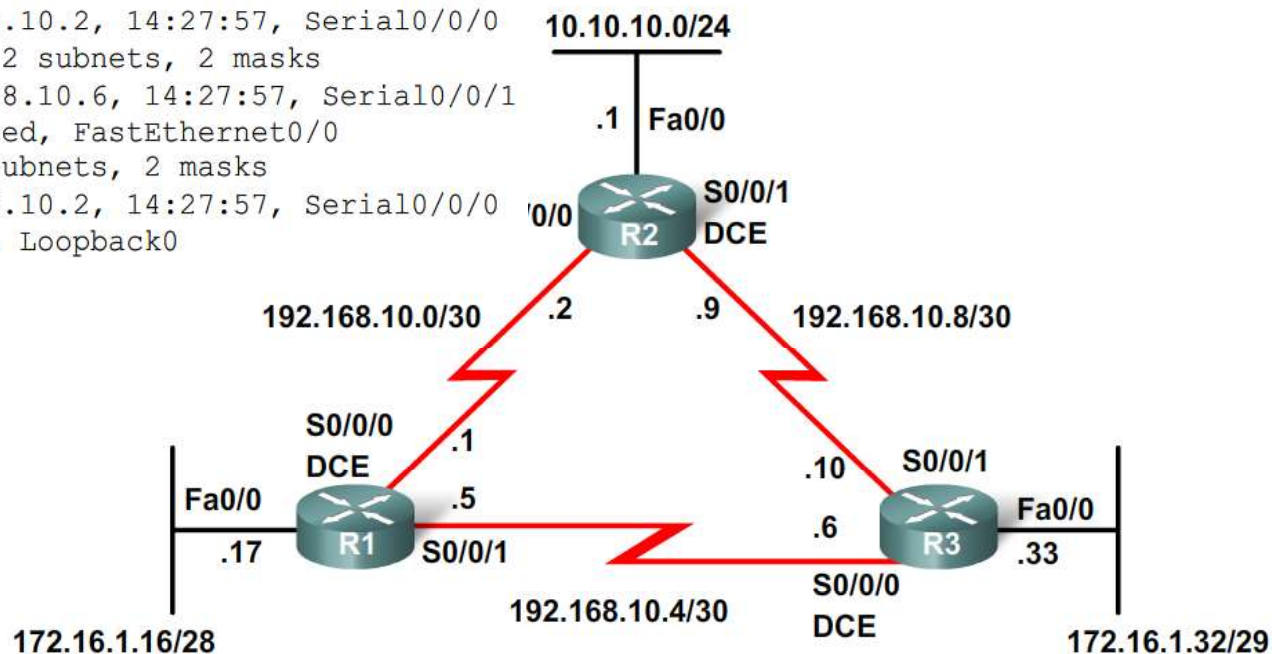
```
O    172.16.1.32/29 [110/65] via 192.168.10.6, 14:27:57, Serial0/0/1
```

```
C    172.16.1.16/28 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

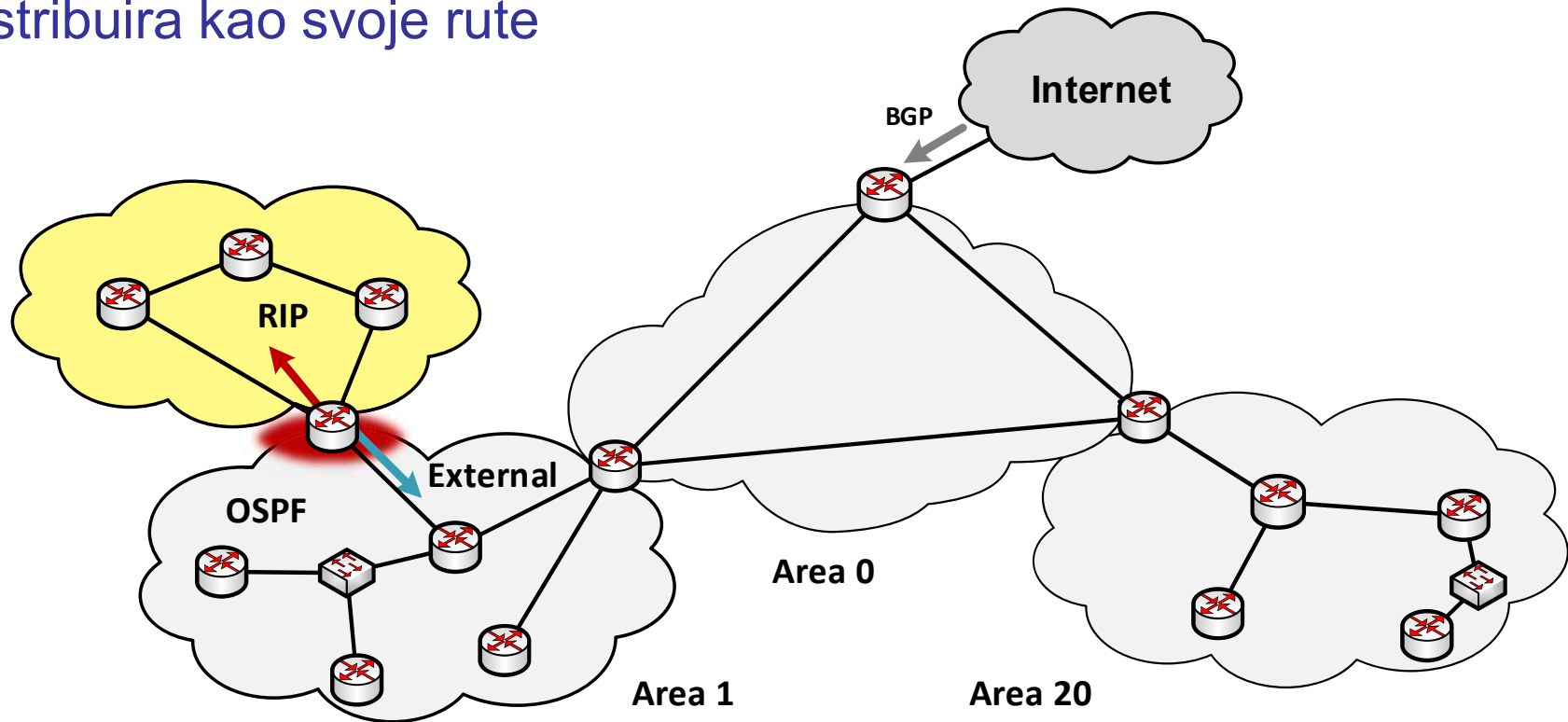
```
O    10.10.10.0/24 [110/65] via 192.168.10.2, 14:27:57, Serial0/0/0
```

```
C    10.1.1.1/32 is directly connected, Loopback0
```



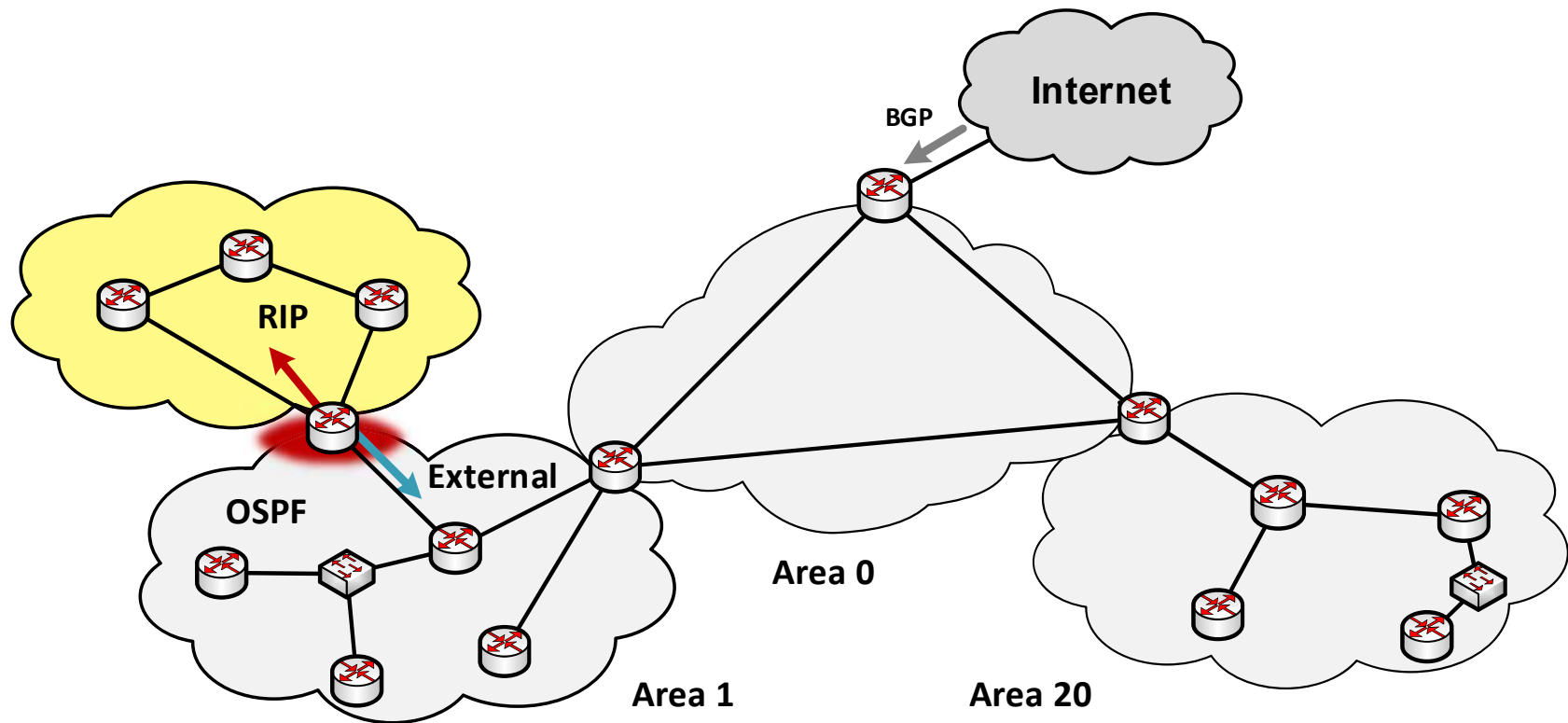
Redistribucija ruta

- Redistribucija ruta
 - Razmena ruta između različitih protokola rutiranja
- Potreba
 - Obezbediti IP konektivnost mreža iz različitih ruting domena
- Sprovođenje
 - Jedan ruting domen učitava rute iz drugog ruting domena i nastavlja da distribuira kao svoje rute



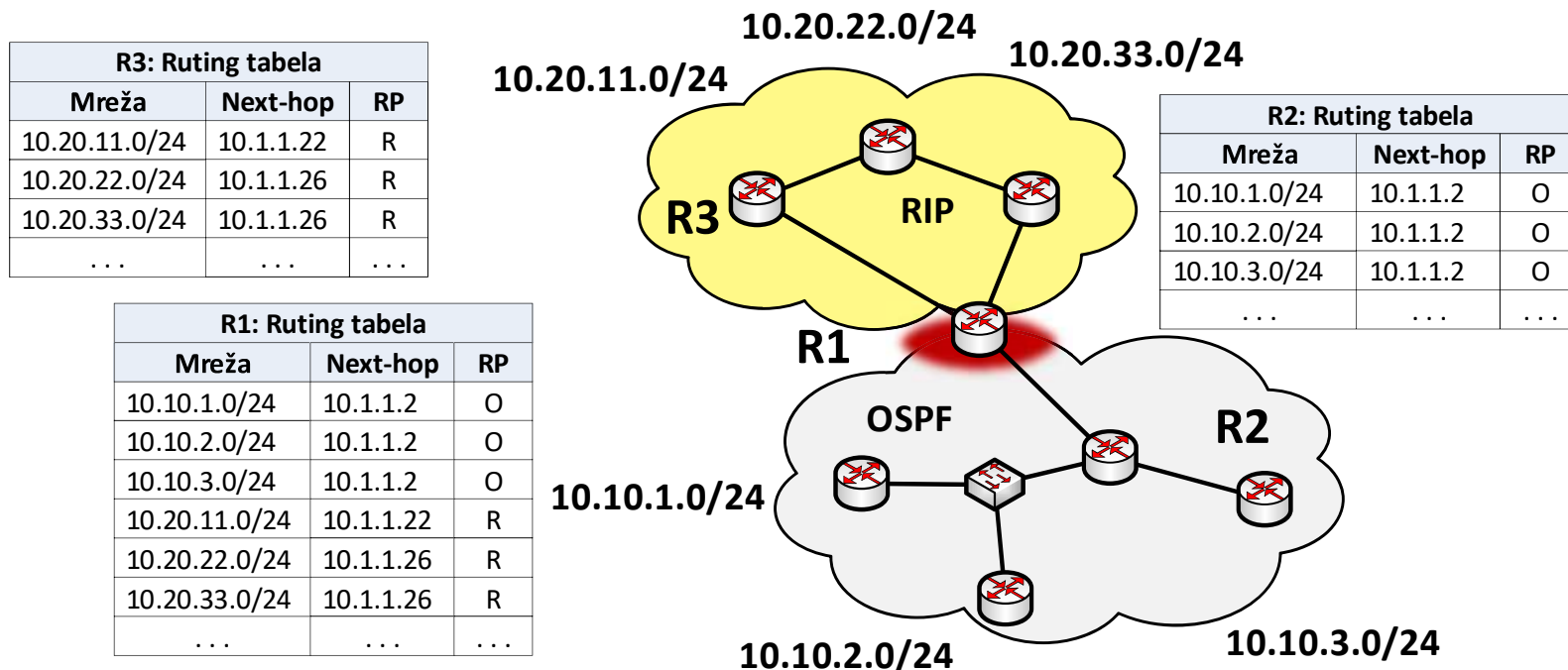
Redistribucija ruta

- *Connected* rute
 - Automatski se uključuju u ruting domen ako su obuhvaćene konfiguracijom ruting protokola (komanda `network` kod cisco rutera)
- Sve ostale rute zahtevaju manuelno konfigurisanje redistribucije iz jednog u drugi ruting domen
 - Statičke rute, RIP, OSPF, IS-IS, BPG, EIGRP itd.



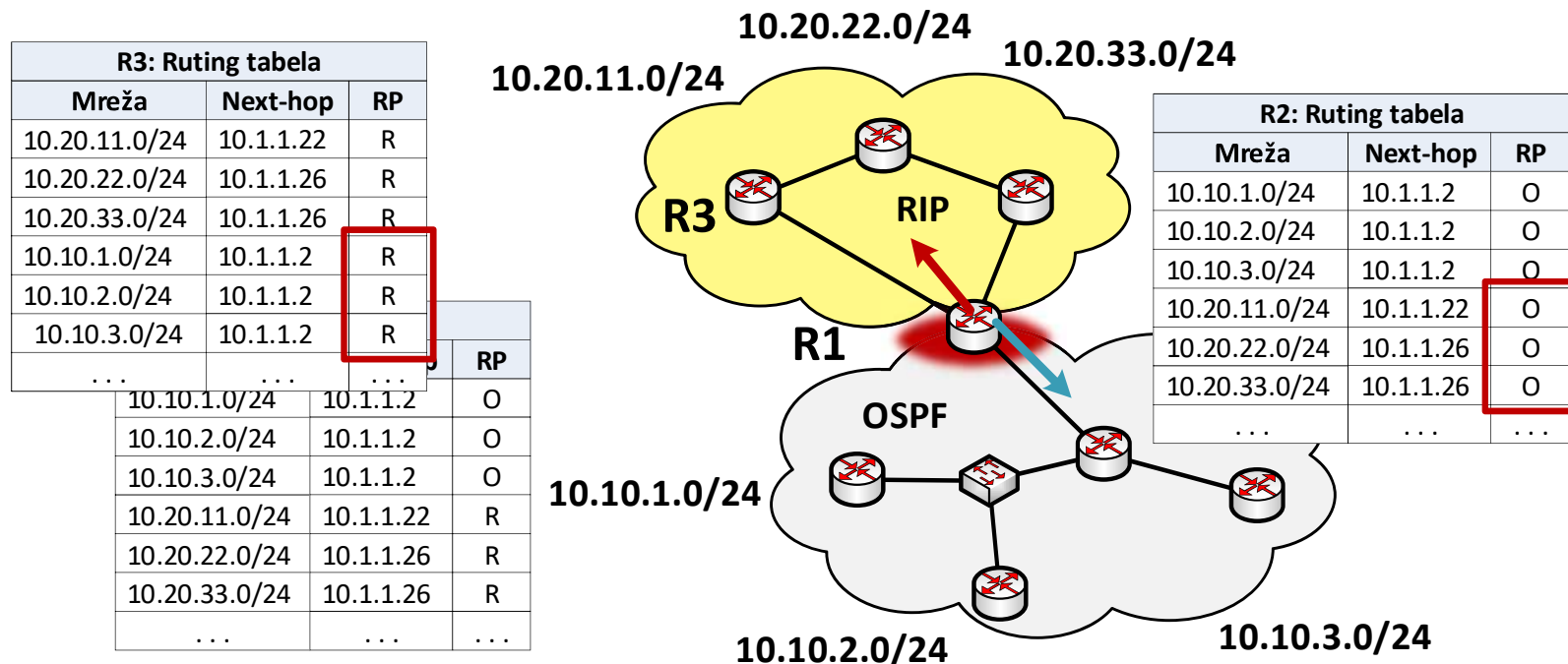
Redistribucija ruta

- Primer bez redistribucije ruta
 - Nema razmena ruta između različitih routing domena
 - Nije definisana difoltna ruta
 - Nema konektivnosti i razmene saobraćaja



Redistribucija ruta

- Potrebno je konfigurisati redistribuciju ruta na ruteru R1, da bi ostali ruteri saznali sve rute iz oba ruting domena
- Nakon obostrane redistribucije (RIP u OSPF, OSPF u RIP)
 - Sve rute u na ruteru R2 su OSPF rute (eksterne)
 - Sve rute u na ruteru R3 su RIP rute



Literatura

- Wendell Odom
„CCNA - Cisco official exam certification guide“
Cisco Press
- James Kurose, Keith Ross
„Computer Network - A Top-Down Approach“
- James Kurose, Keith Ross
„Umrežavanje računara: Od vrha ka dnu“
prevod 7. izdanja
CET

