

# Uvod u rutiranje IP paketa

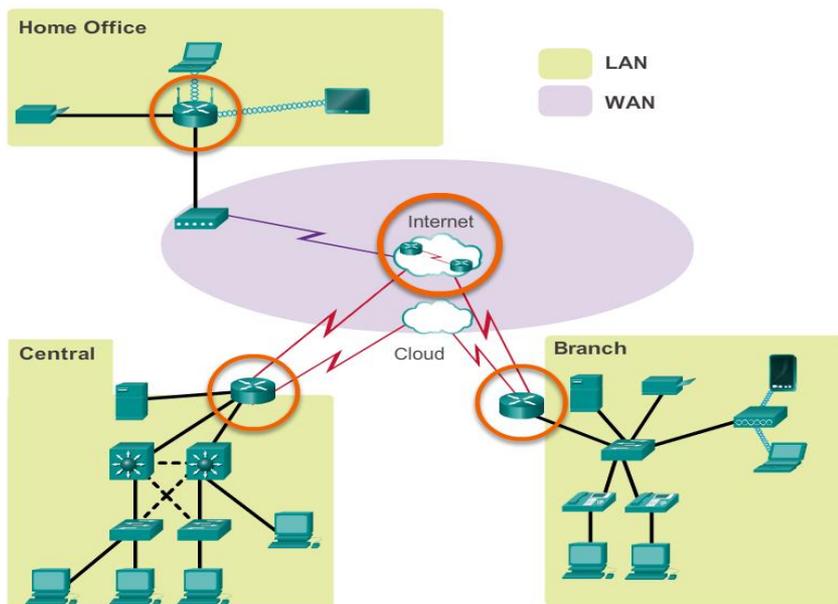
---

Predmet: Aktivni mrežni uređaji

Predavač: dr Dušan Stefanović

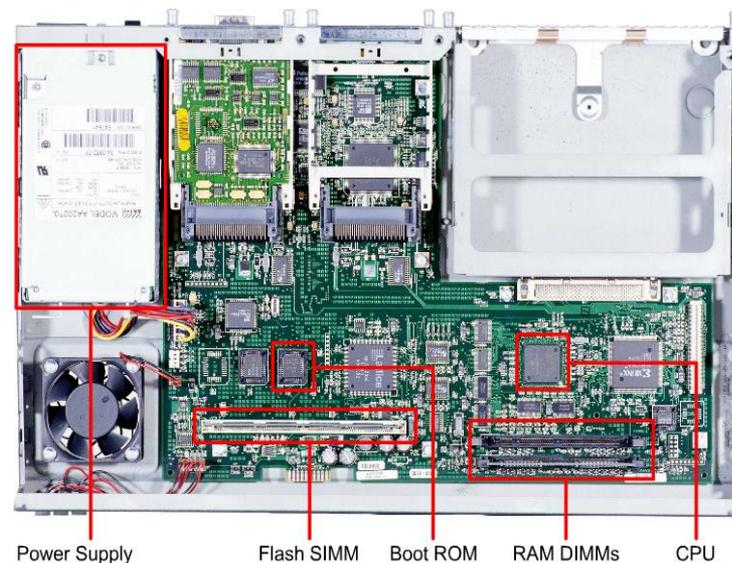
# ULOGA RUTERA

- Ruter je uređaj koji usmerava pakete na mreži
- Odgovoran je za povezivanje mreža i izbor najbolje putanje za dolazni paket



# KOMPONENTE RUTERA

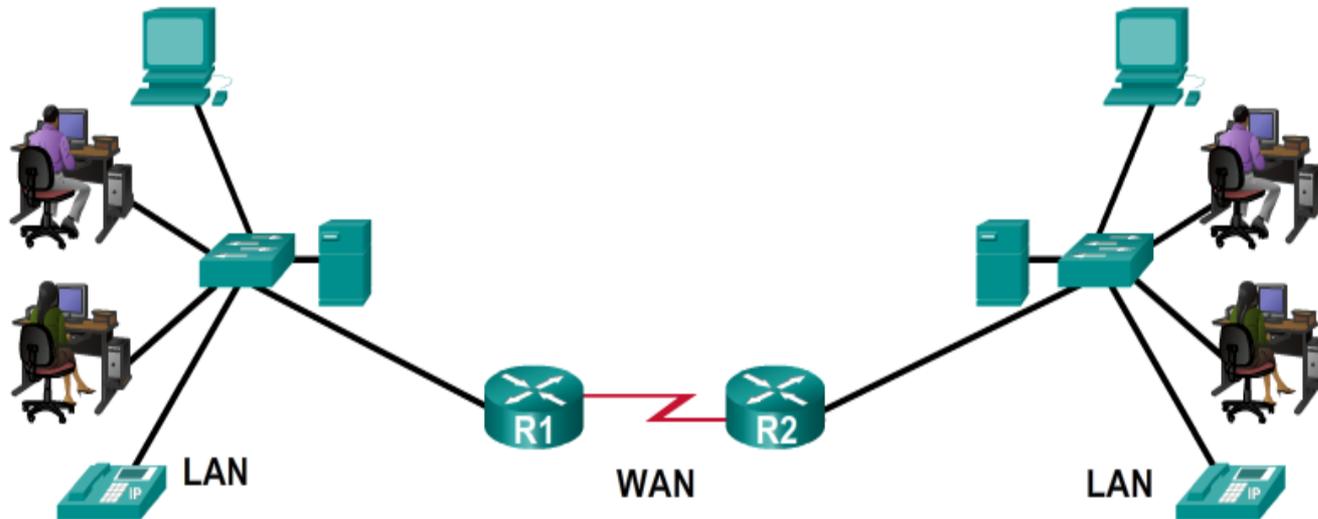
- Operativni sistem (OS)
- Centralna procesorska jedinica (CPU)
- Random-access memory (RAM)
- Read-only memory (ROM)
- FLASH memorija
- NVRAM memorija



# *Ruteri u LAN i WAN mrežnoj infrastrukturi*

---

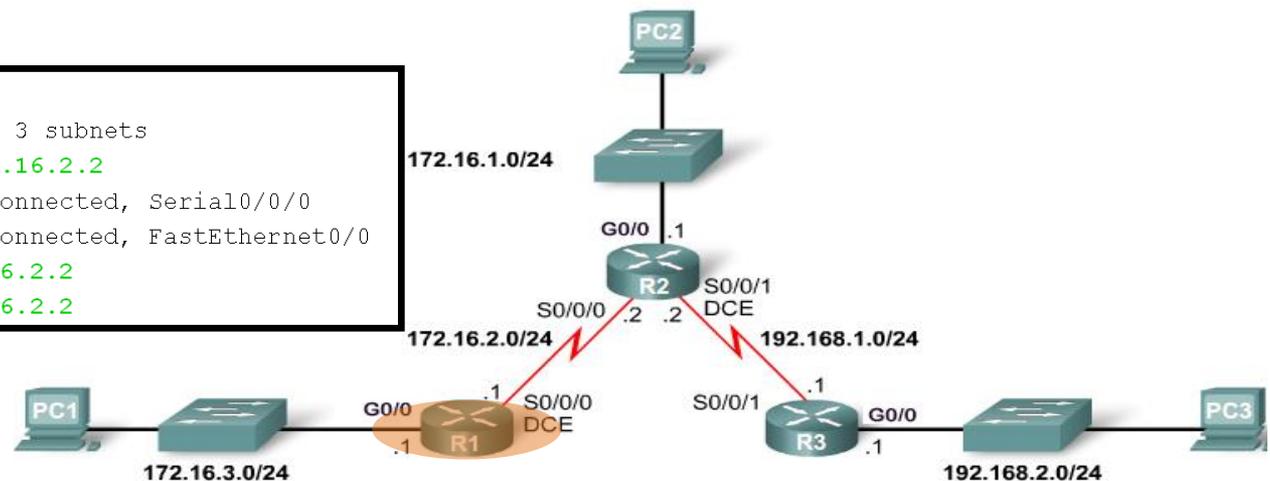
- Routeri mogu da povežu veći broj mreža.
- Svaki interfejs na ruteru pripada drugoj IP mreži.



# PRINCIPI RUTIRANJA

- Svaki ruter odluku o rutiranju donosi samostalno, na osnovu informacije iz svoje rutirajuće tabele
- Činjenica da jedan ruter ima informaciju o rutiranju ne znači da tu informaciju imaju ostali ruteri
- Informacija o ruti u jednom smeru neće kreirati ruti u inverznom smeru

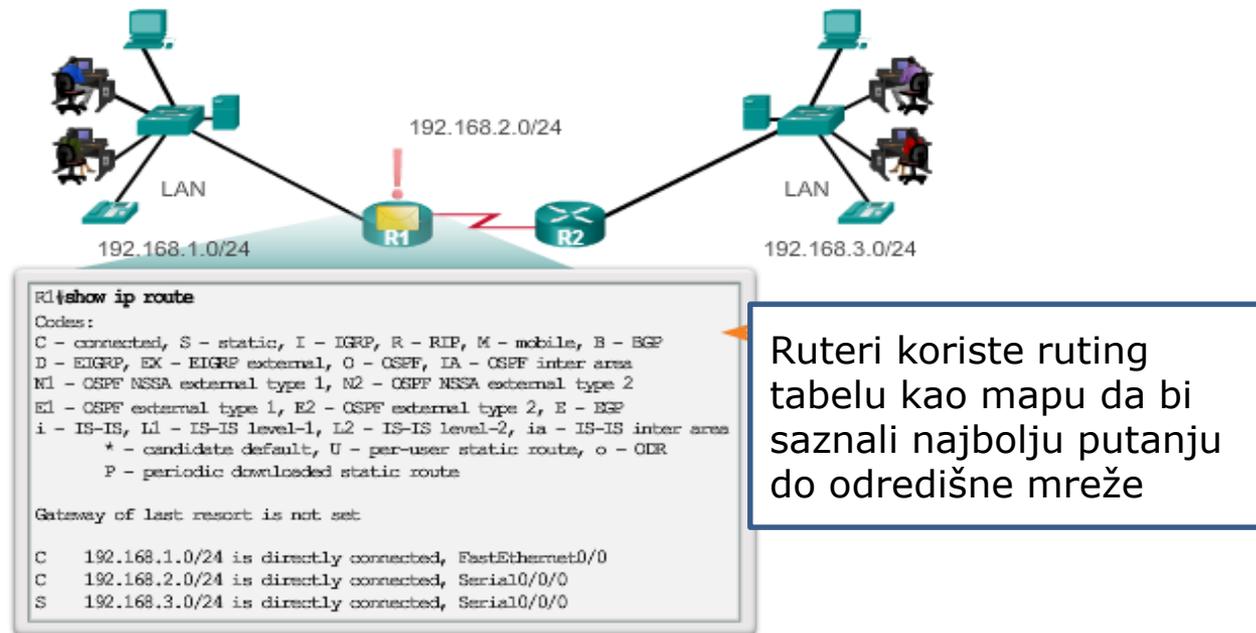
```
R1# show ip route
 172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
 S   172.16.1.0 [1/0] via 172.16.2.2
 C   172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
 C   172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
 S  192.168.1.0/24 [1/0] via 172.16.2.2
 S  192.168.2.0/24 [1/0] via 172.16.2.2
```



# RUTING TABELA

Routing tabela :

- Ručno konfigurisana preko statičkih ruta
- Dinamički konfigurisana preko ruting protokola
- Routing protokoli međusobno razmenjuju informacije o mrežnoj topologiji.

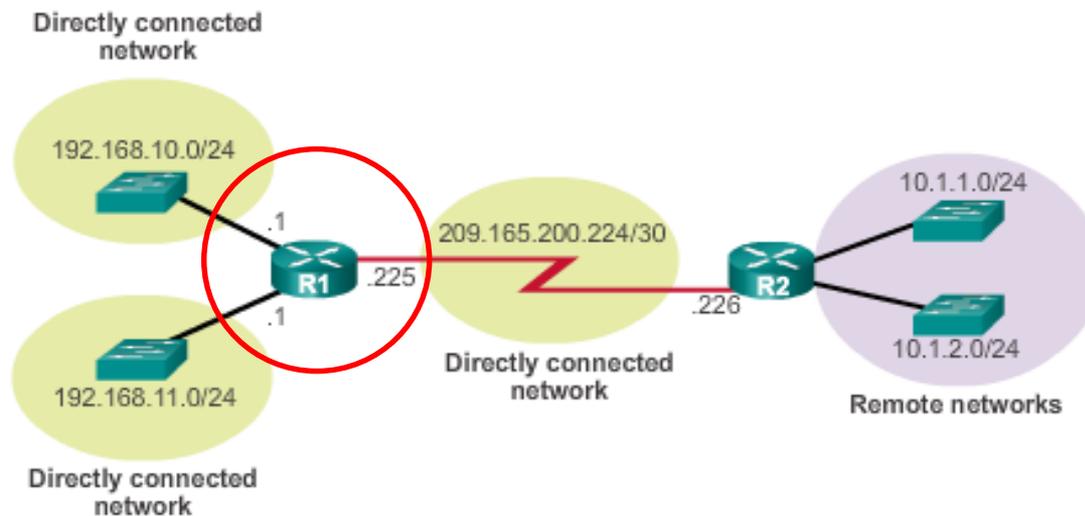


# RUTING TABELA

---

Ruting tabela je fajl koji se čuva u RAM memoriji i sadrži informacije o:

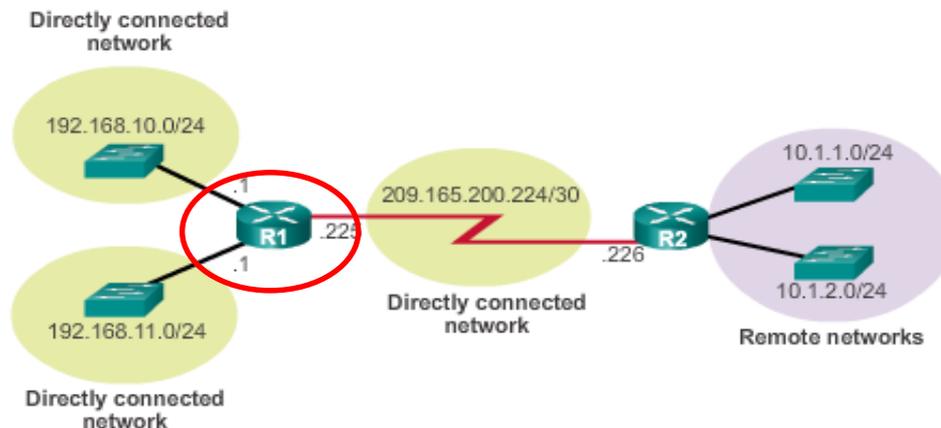
- **Direktno povezanim mrežama** (Directly connected routes)
- **Rute do udaljenih mreža** (Remote routes)



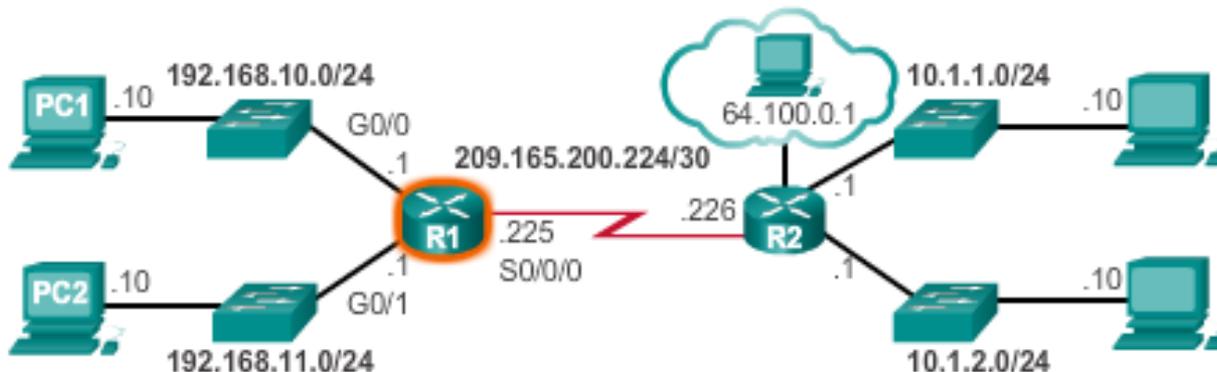
# VRSTE IZVORA RUTA U RUTING TABELI

---

- **Lokalni mrežni interfejs** – Biće unet automatski u ruting tabeli kada je interfejs konfigurisan
- **Direktni interfejs** – Biće unet automatski u ruting tabeli kada je interfejs konfigurisan i aktivan
- **Statička ruta** - Biće uneta u ruting tabeli kada se ruta ručno konfigurira i kada je izlazni interfejs aktivan.
- **Dinamički ruting protokol** - Biće unete dinamički kada je OSPF, EIGRP ruting protokol konfigurisan



# OBJAŠNENJE PARAMETRA IZ RUTING TABELE

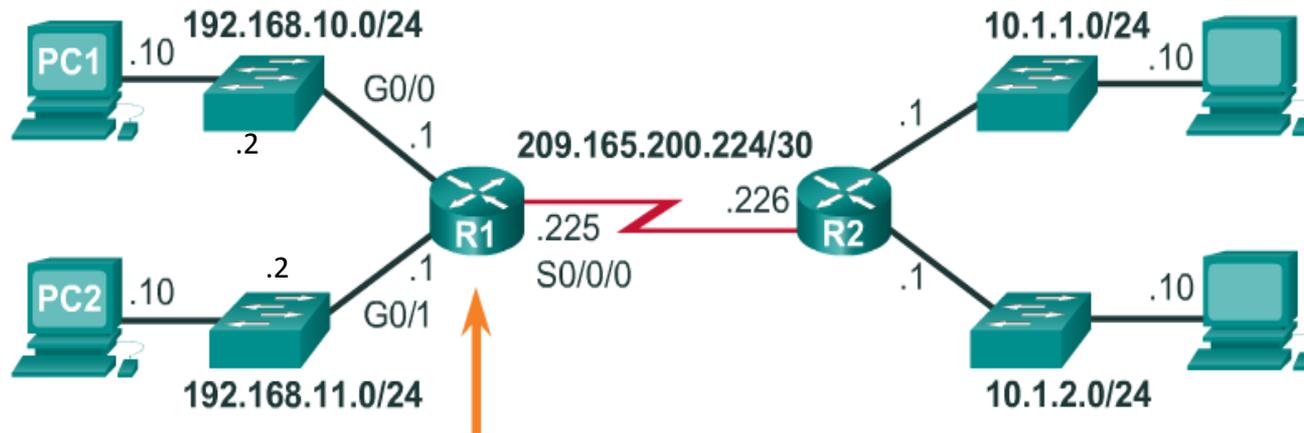


D 10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05, Serial0/0/0

## Legend

- Identifikuje ko je izvor rute
- Identifikuje odredišnu mrežu
- Identifikuje administrativnu distancu tj. koliko se veruje izvoru rute
- Identifikuje metriku do odredišne mreže
- Identifikacija next hop IP adrese do odredišne mreže
- Vreme koje je prošlo od kada je mreža naučena
- Identifikacija izlaznog interfejsa preko kojeg se stiže do odredišne mreže

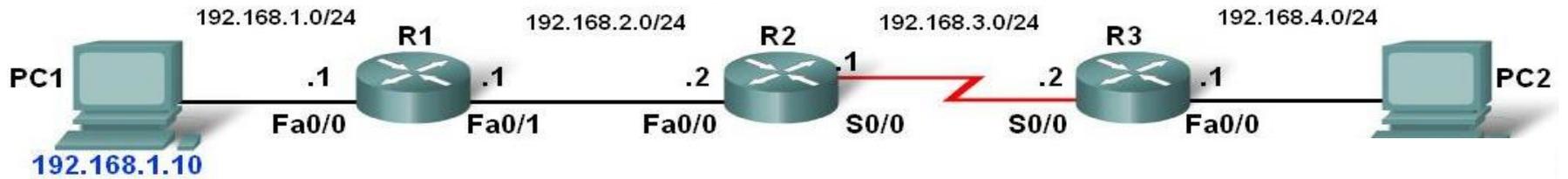
# DIREKTNO POVEZANE MREŽE



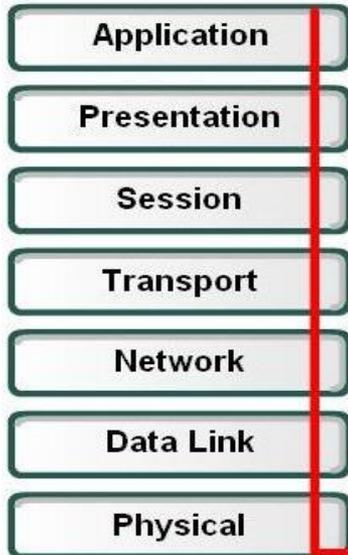
```
R1# show ip route | begin Gateway
Gateway of last resort is not set

    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2
masks
C   192.168.10.0/24 is directly connected,
GigabitEthernet0/0
L   192.168.10.1/32 is directly connected,
GigabitEthernet0/0
    192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2
masks
C   192.168.11.0/24 is directly connected,
GigabitEthernet0/1
L   192.168.11.1/32 is directly connected,
GigabitEthernet0/1
```

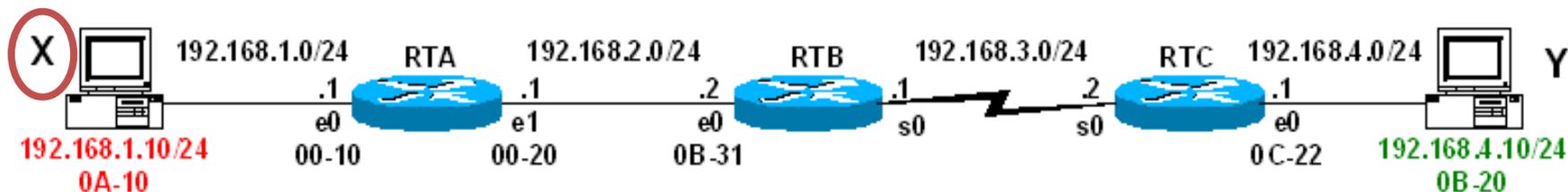
# PRINCIP RADA RUTERA KROZ SLOJEVE



PC1



# PRIMER KOMUNIKACIJE IZMEĐU RAČUNARA X i Y

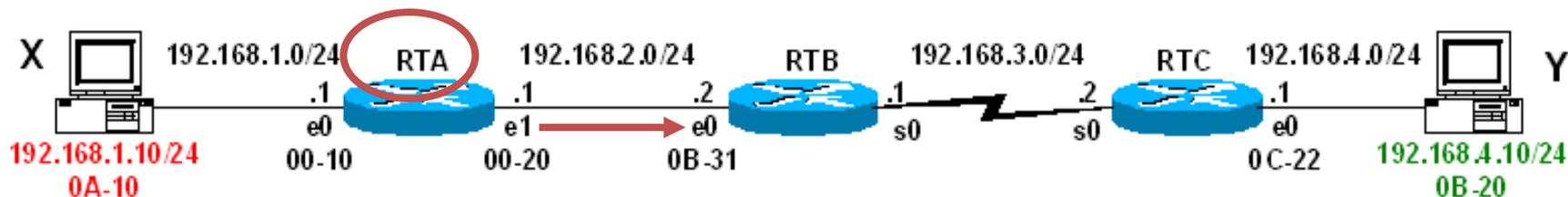


Layer 2 Data Link Frame

Layer 3 IP Packet

<b>Dest. MAC</b> 00-10	<b>Source MAC</b> 0A-10	<b>Type</b> 800	<b>Dest. IP</b> 192.168.4.10	<b>Source IP</b> 192.168.1.10	<b>IP fields</b>	<b>Data</b>	<b>Trailer</b>
---------------------------	----------------------------	--------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------	-------------	----------------

# PRIMER KOMUNIKACIJE IZMEĐU RAČUNARA X i Y



Layer 2 Data Link Frame

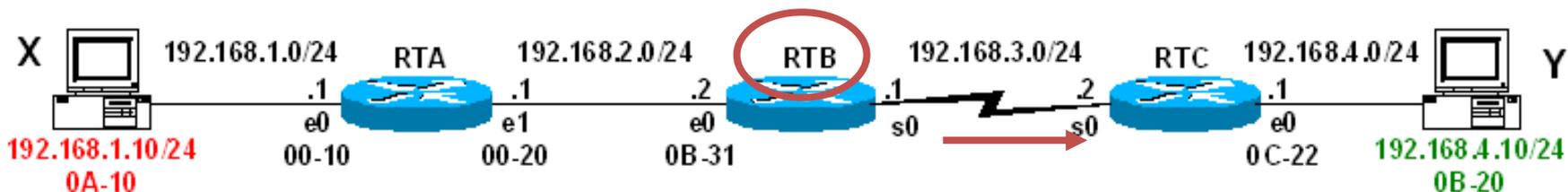
Layer 3 IP Packet

<b>Dest. MAC</b> 0B-31	<b>Source MAC</b> 0A-10	<b>Type</b> 800	<b>Dest. IP</b> 192.168.4.10	<b>Source IP</b> 192.168.1.10	<b>IP fields</b>	<b>Data</b>	<b>Trailer</b>	<b>Trailer</b>
---------------------------	----------------------------	--------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------	-------------	----------------	----------------

IP Address	MAC Address
192.168.2.2	0B-31

Network	Hops	Next-hop-ip	Exit-interface
192.168.1.0/24	0	Dir.Conn.	e0
192.168.2.0/24	0	Dir.Conn.	e1
192.168.3.0/24	1	192.168.2.2	e1
192.168.4.0/24	2	192.168.2.2	e1

# PRIMER KOMUNIKACIJE IZMEĐU RAČUNARA X i Y



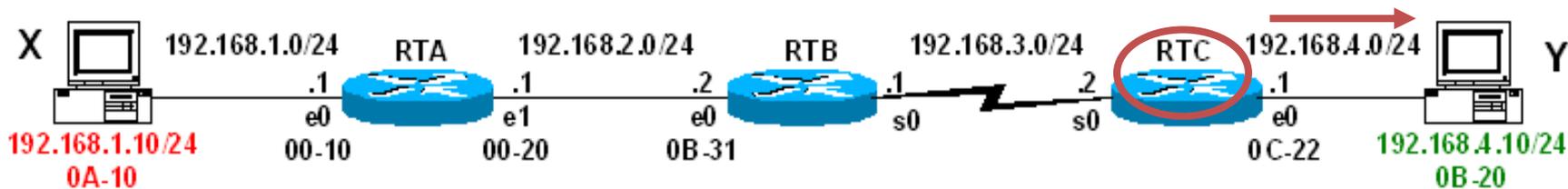
Layer 2 Data Link Frame

Layer 3 IP Packet

<b>Dest. MAC</b> 0B-31	<b>Source MAC</b> 00-20	<b>Type</b> 800		<b>Trailer</b>
---------------------------	----------------------------	--------------------	--	----------------

RTB Routing Table			
<u>Network</u>	<u>Hops</u>	<u>Next-hop-ip</u>	<u>Exit-interface</u>
192.168.1.0/24	1	192.168.2.1	e0
192.168.2.0/24	0	Dir.Conn	e0
192.168.3.0/24	0	Dir.Conn	s0
192.168.4.0/24	1	192.168.3.2	s0

# PRIMER KOMUNIKACIJE IZMEĐU RAČUNARA X i Y



Layer 2 Data Link Frame

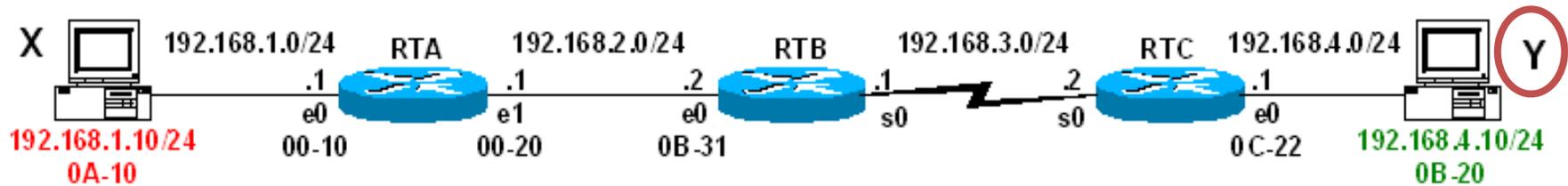
Layer 3 IP Packet

<b>Dest. Add</b> FF-FF	<b>Source Add</b>	<b>Type</b> 800		<b>Trailer</b>
---------------------------	-------------------	--------------------	--	----------------

RTC ARP Cache	
IP Address	MAC Address
192.168.4.10	0B-20

RTC Routing Table			
Network	Hops	Next-hop-ip	Exit-interface
192.168.1.0/24	2	192.168.3.1	s0
192.168.2.0/24	1	192.168.3.1	s0
192.168.3.0/24	0	Dir.Conn	s0
192.168.4.0/24	0	Dir.Conn	e0

# PRIMER KOMUNIKACIJE IZMEĐU RAČUNARA X i Y



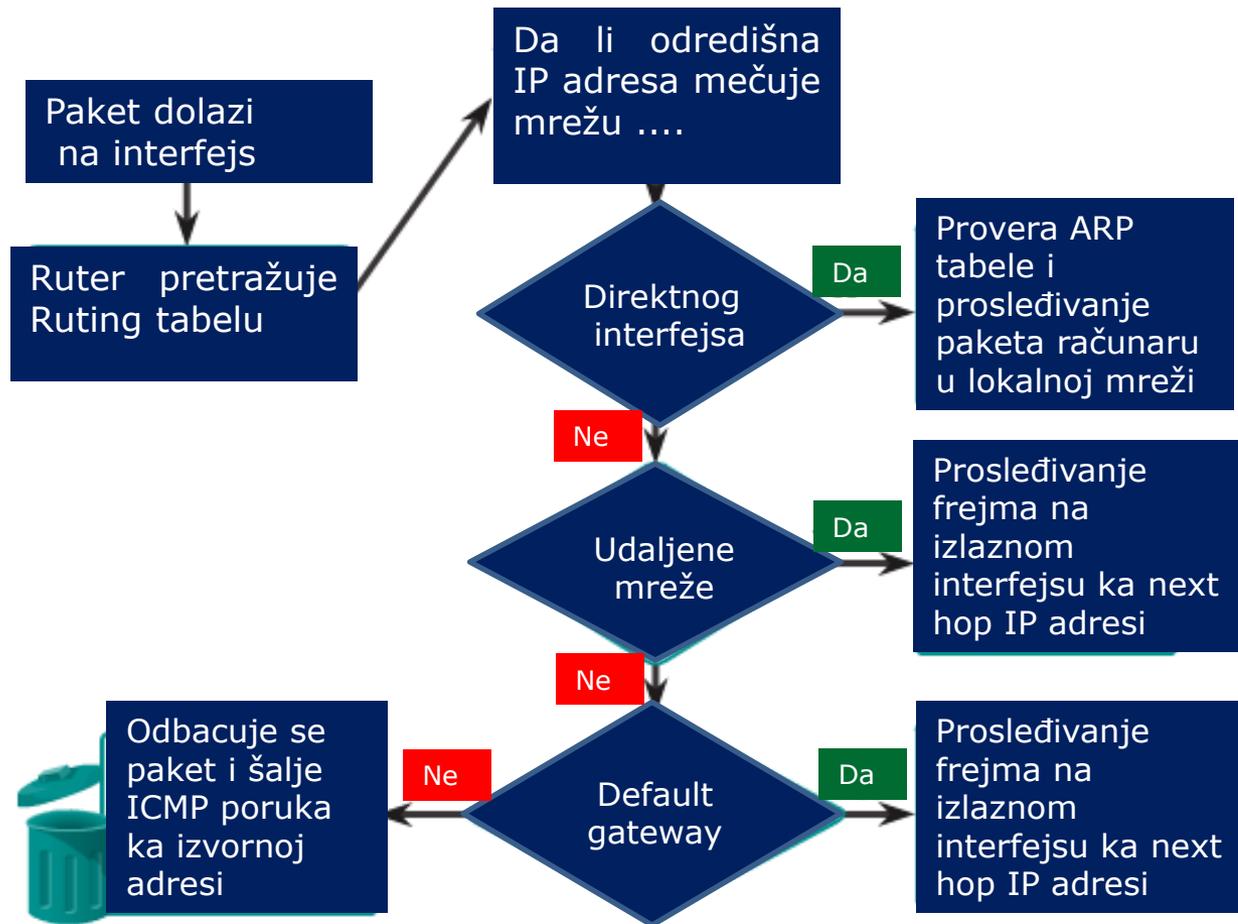
Layer 2 Data Link Frame

Dest. MAC 0B-20	Source MAC 0C-22	Type 800
--------------------	---------------------	-------------



Data	Trailer
------	---------

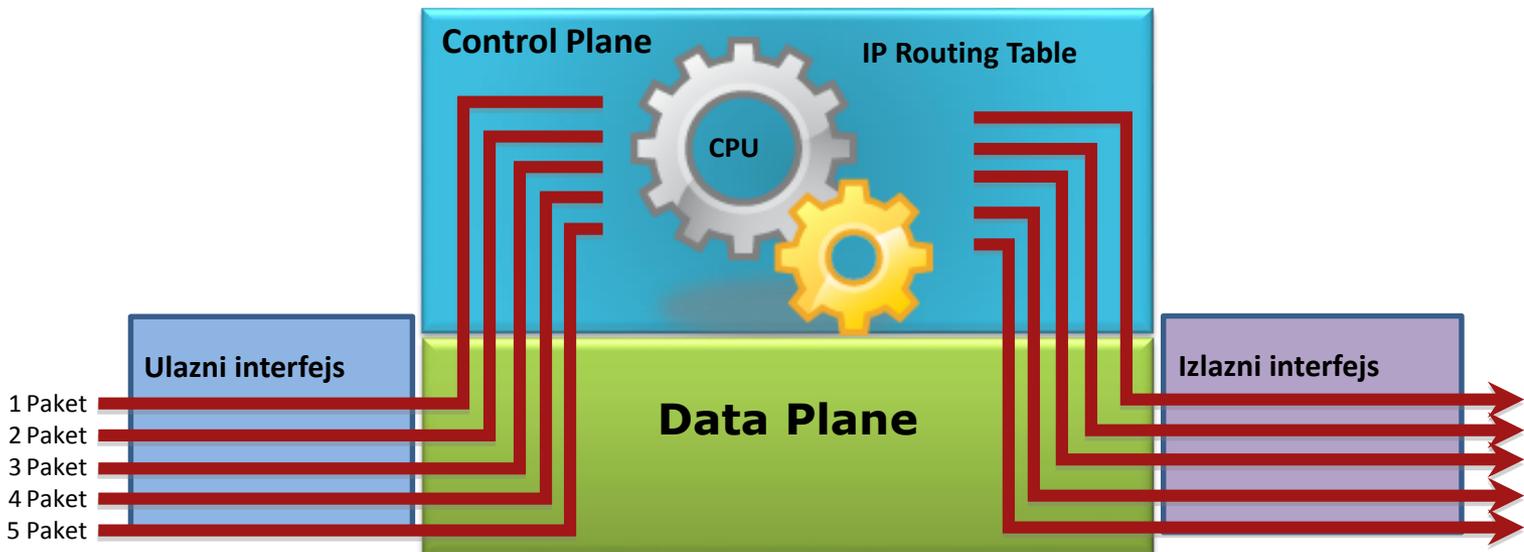
# ALGORITAM ODLUČIVANJA U RUTING TABELI



# PROCESS SWITCHING

---

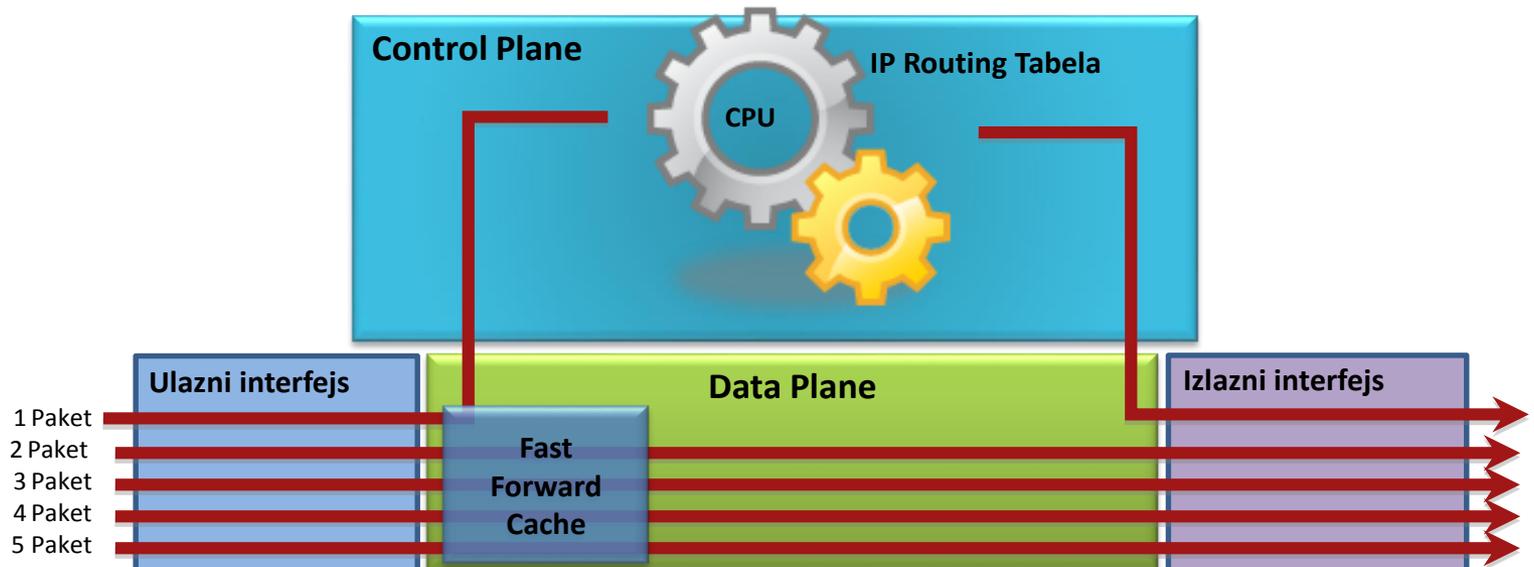
- Prvobitni metod procesuiranja paketa (primenjuje se na ruterima i multilayer svičevima)
- Kada paket stigne na interfejs prosleđuje se tabeli rutiranja u *control plane*.
- *Na osnovu informacije iz ruting tabele se određuje izlazni interfejs.*
- *CPU je resurs koji je najviše opterećen*
- *Ovaj postupak se ponavlja za svaki pojedinačni paket čak i ako je deo istog toka.*



# FAST SWITCHING

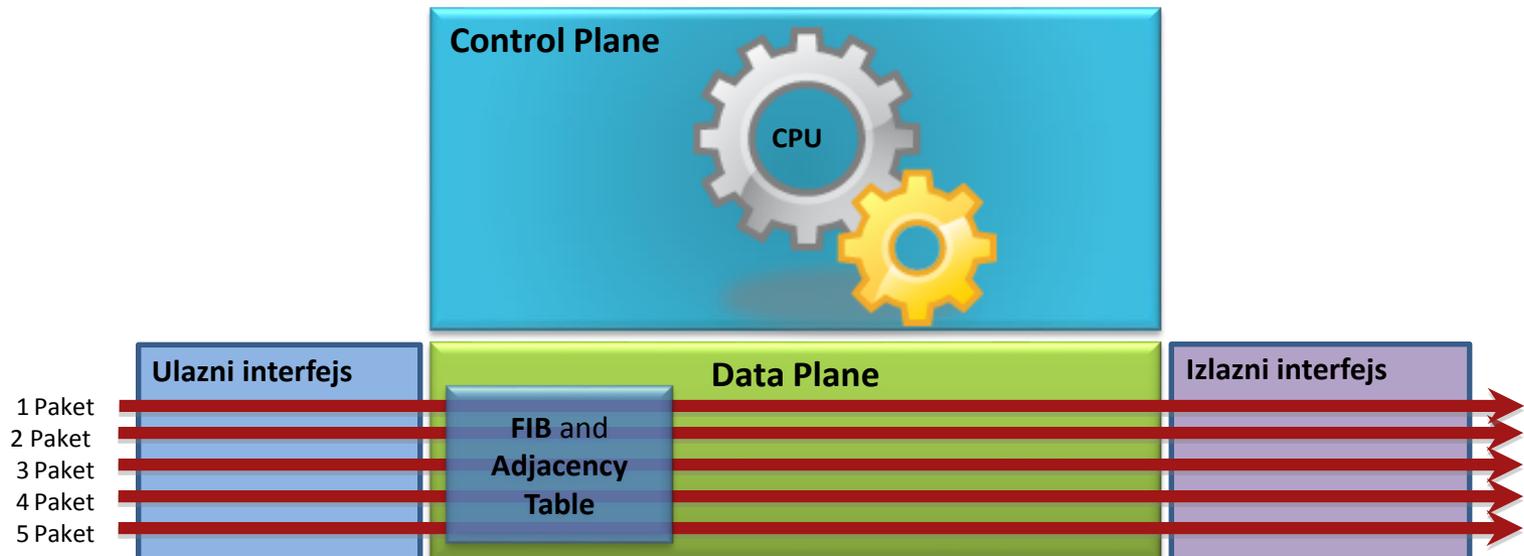
---

- Napredniji metod procesuiranja paketa (primenjuje se na ruterima i multilayer svičevima)
- Samo prvi paket se obrađuje od strane rutinng tabele(CPU + rutinng tabela)
- Next hop adresa i izlazni interfejs se čuvaju u Keš tabeli (*Fast Switch Keš*)
- Sledeći paket istog toka se prosleđuje na osnovu informacija iz keš tabele bez intervencije CPU-a



# CEF SWITCHING

- Podrazumevani Cisco IOS mehanizam za obradu paketa (primenjuje se na ruterima i multilayer svičevima)
- CEF kopira ruting tabelu u FIB (*Forward Information Base*) tabelu
- CEF kreira *adjacency* tabelu koja sadrži Layer 2 informacije izlaznog i *next hop* interfejsa.
- Adjacency tabela se kreira iz ARP tabele



# ODABIR NAJBOLJE PUTANJE

Određivanje najbolje rute zavisi od izbora ruting protokola

Svaki ruting protokol ima svoja pravila i metriku

## Metrika:

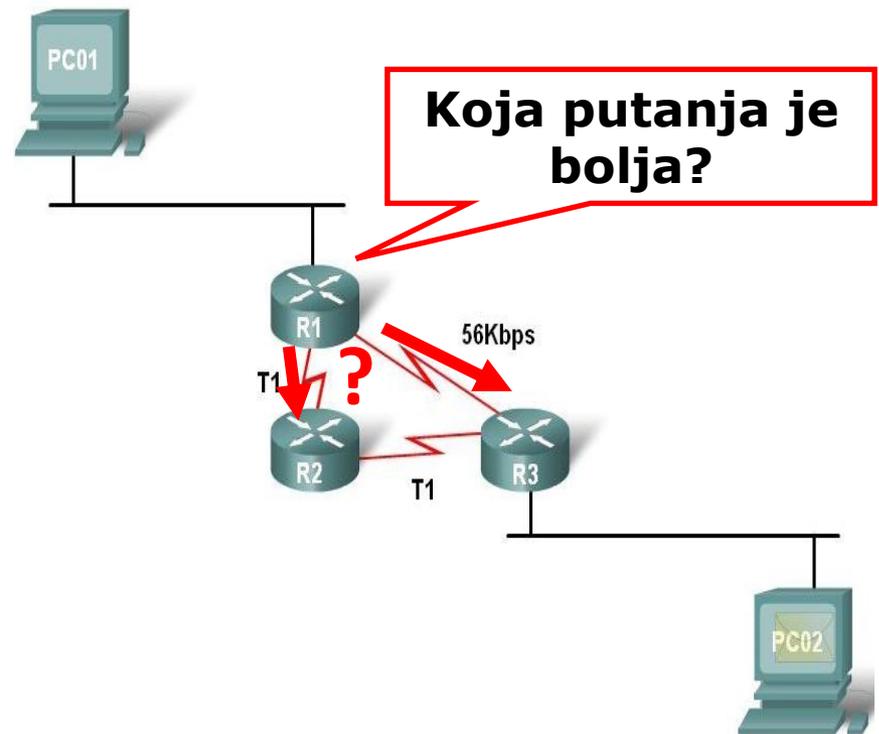
Mera koju koristi ruting protokol, opisuje rastojanje do određene mreže

- Broj Skoka (Hop Count)
- Propusni opseg (Bandwidth)
- Propusni opseg + Kašnjenje +..

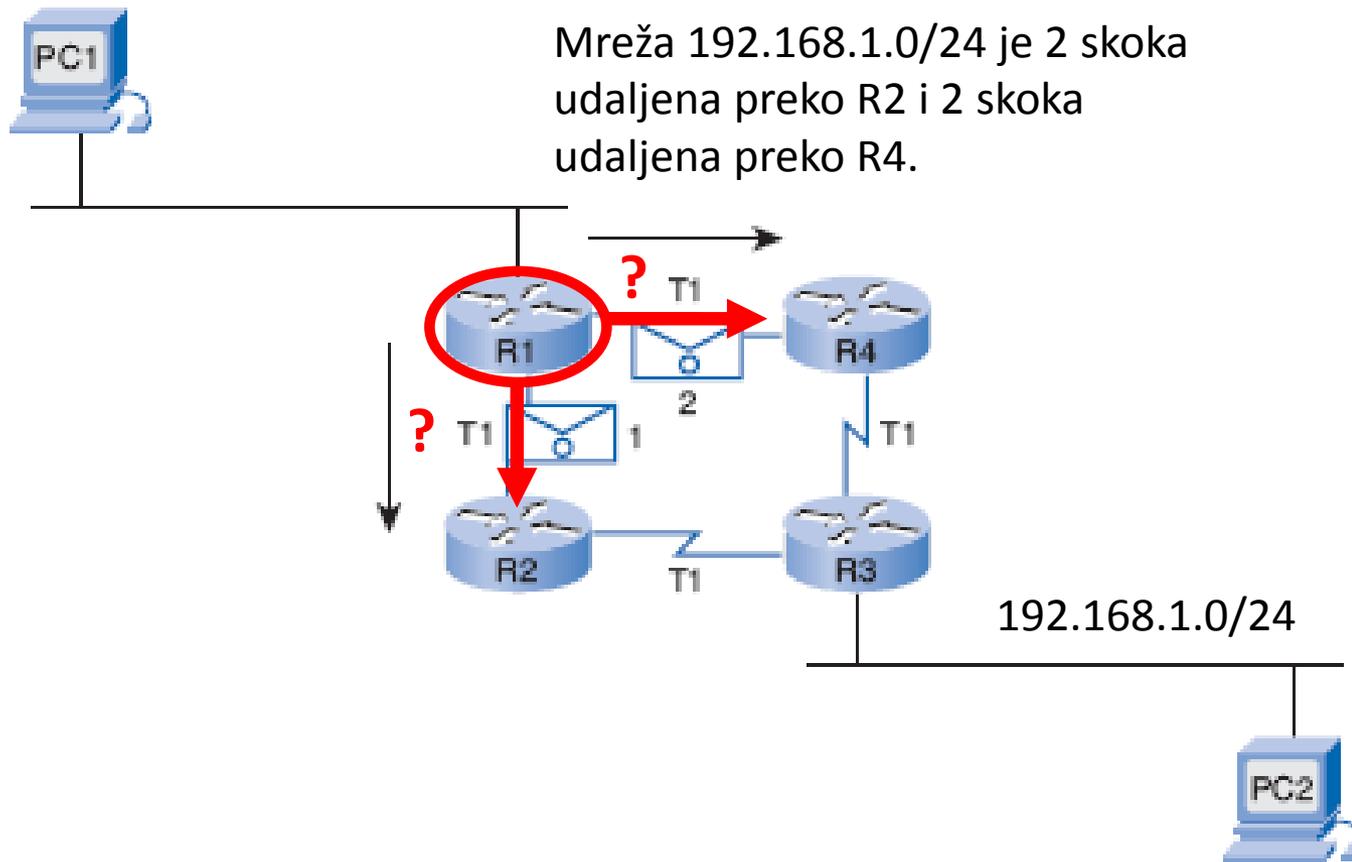
## Najbolja putanja:

Putanja sa najmanjom metrikom

# BROJ SKOKA PROPUSNI OPSEG



# BALANSIRANJE SAOBRAČAJA IZMEĐU RUTA ISTE METRIKE



# ADMINISTRATIVNA DISTANCA

---

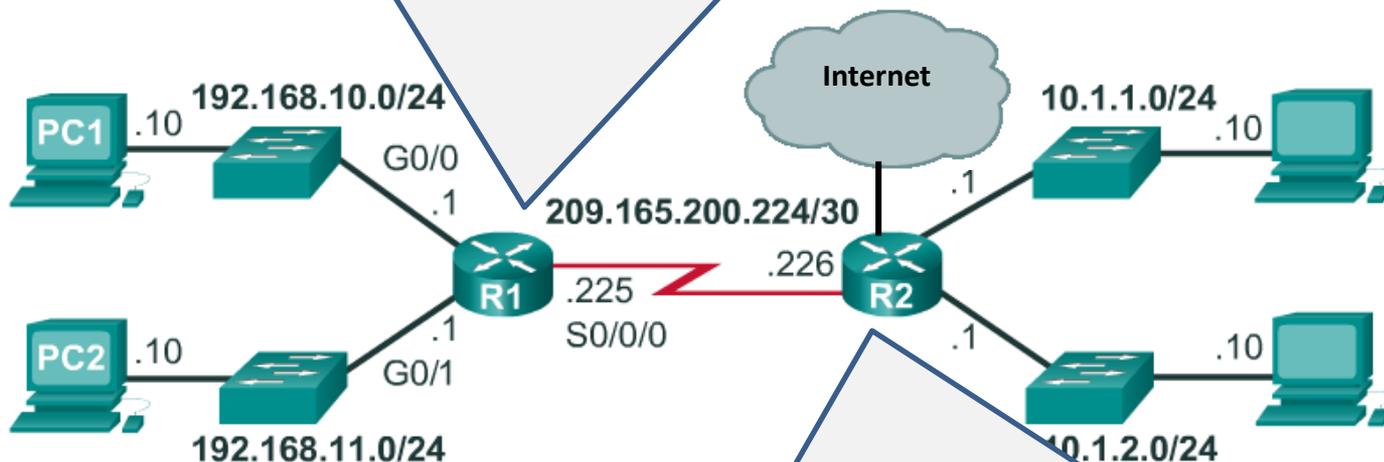
- Administrativna distanca dolazi do izražaja kada dva ili više **izvora ruta** (EIGRP, OSPF, RIP, ...) predlože putanju do iste mreže.
- Prednost ima izvor rute sa manjom administrativnom distancom
- Praviti razliku između metrike i administrativne distance !!!!!

Tabela 1. PODRAZUMEVANE VREDNOSTI ZA AD

Route Source	Administrative Distance
Connected	0
Static	1
EIGRP summary route	5
External BGP	20
Internal EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
External EIGRP	170
Internal BGP	200

# KOMUNIKACIJA SA UDALJENIM MREŽAMA PRIMENOM STATIČKIH RUTA

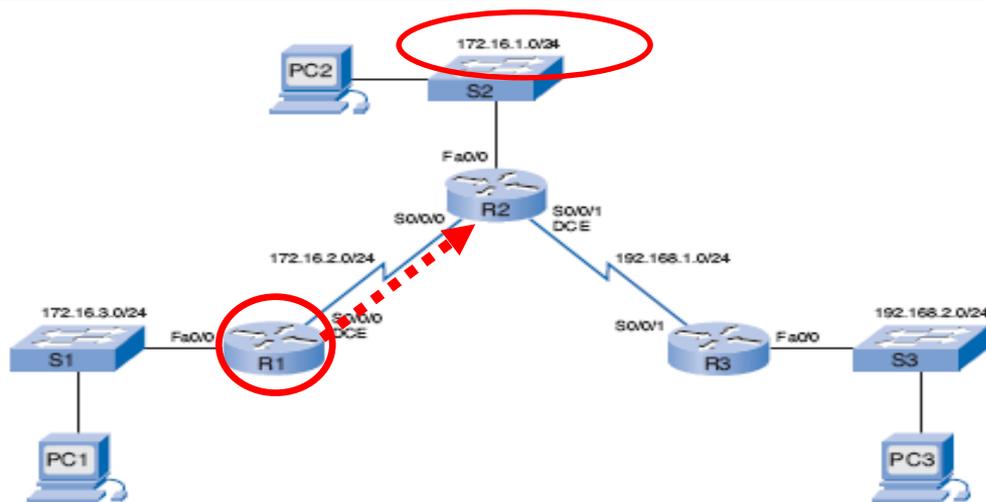
Ruter R1 zna za svoje 3 direktno povezane mreže. R1 je **Stub ruter** jer do bilo koje mreže dolazi preko R2 rutera. Iz tog razloga koristi **default static route** ka R2



Ruter R2 zna za svoje 3 direktno povezane mreže i Internet. R2 ruteru je potrebno saopštiti kako da dosegne 2 LAN mreže na ruteru R1. R2 koristiće dve statičke rute ka R1. R2 koristiće **default static route** ka ISP-u.

# PREDNOSTI STATIČKIH RUTA

```
R1(config)# ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2
```



- Bezbedna komunikacija, nema oglašavanja preko mreže.
- Efikasnost
  - Nema iskorišćenja propusnog opsega.
  - Manje iskorišćenje resursa rutera (CPU)
  - Putanja slanja paketa je uvek predvidiva

# NEDOSTACI STATIČKIH RUTA

```
R1(config)# ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2
```

```
R1(config)# ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2
```

```
R1(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 172.16.2.2
```

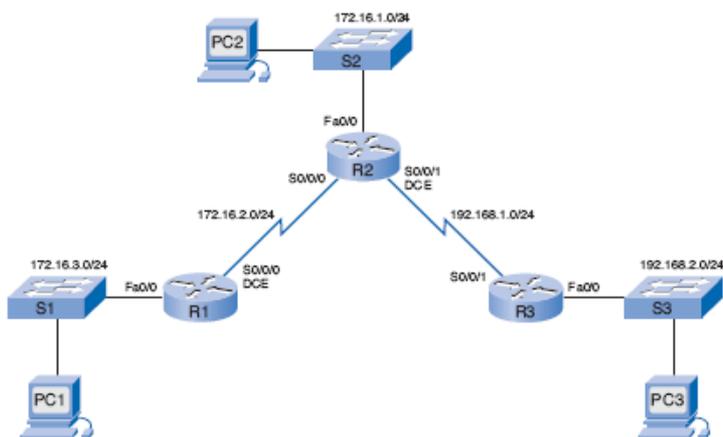
```
R2(config)# ip route 172.16.3.0 255.255.255.0 172.16.2.1
```

```
R2(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.1.1
```

```
R3(config)# ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.1.2
```

```
R3(config)# ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 192.168.1.2
```

```
R3(config)# ip route 172.16.3.0 255.255.255.0 192.168.1.2
```



- Konfiguracija i održavanje su vremenski zahtevni
- Rute su podložne greškama
- Ručna konfiguracija prilikom promene mrežne topologije
- Poznavanje kompletne mrežne infrastrukture

# POREĐENJE DINAMIČKIH I STATIČKIH RUTA

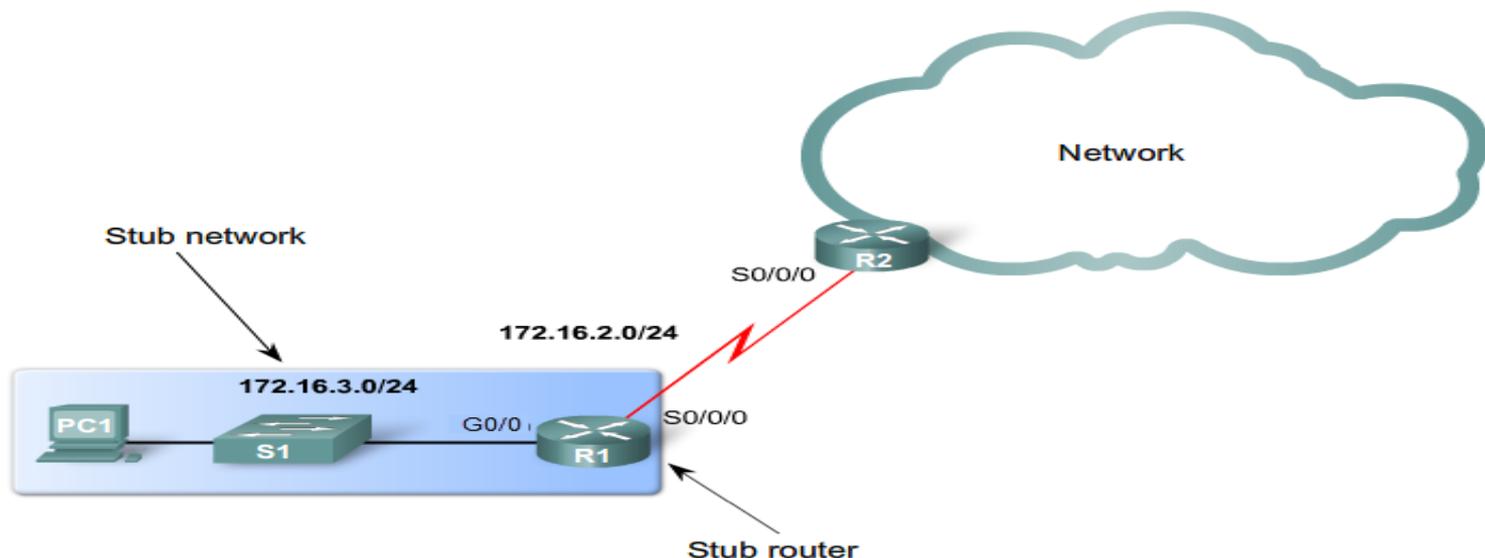
---

	<b>Dinamičko rutiranje</b>	<b>Statičko rutiranje</b>
Složenost konfiguracije		
Promena topologije		
Skaliranje		
Bezbednost		
Upotreba resursa		
Predvidivost		

# KADA KORISTITI STATIČKE RUTE

---

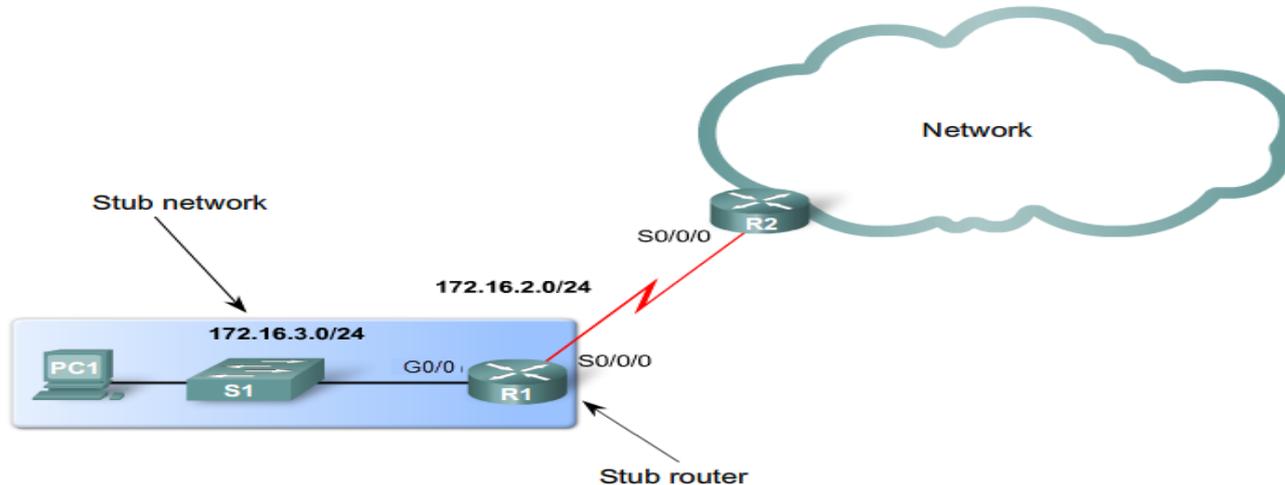
- U malim mrežama za koje se ne očekuje značajno širenje
- Za rutiranje saobraćaja ka i iz *stub* mreže
  - Stub mreža je mreža do koje se dolazi preko samo jedne putanje
  - Stub ruter ima samo jednog *upstream* suseda



# VRSTE STATIČKIH RUTA

---

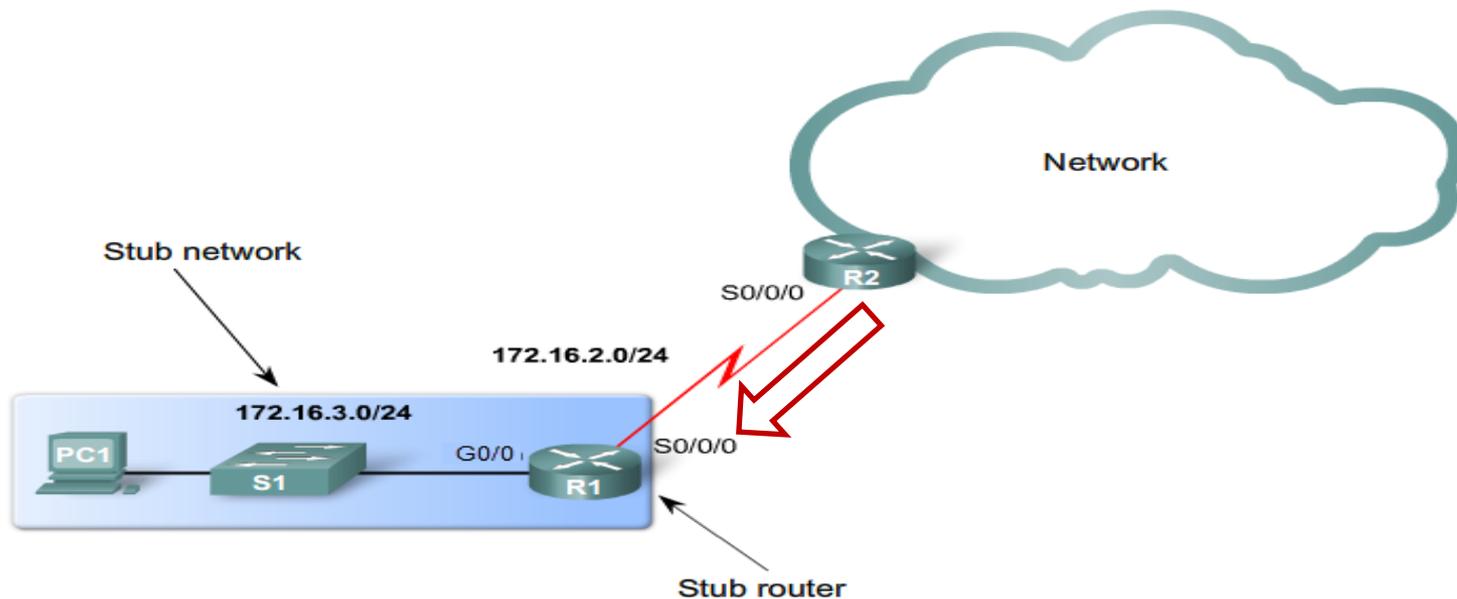
- Standardna statička ruta
- Podrazumevana (default) ruta
- Sumarizovana ruta
- Privremena (float) statička ruta



# STANDARDNA STATIČKIH RUTA

Standardna stička ruta se koristi prilikom kreiranja određene rute do udaljene mreže

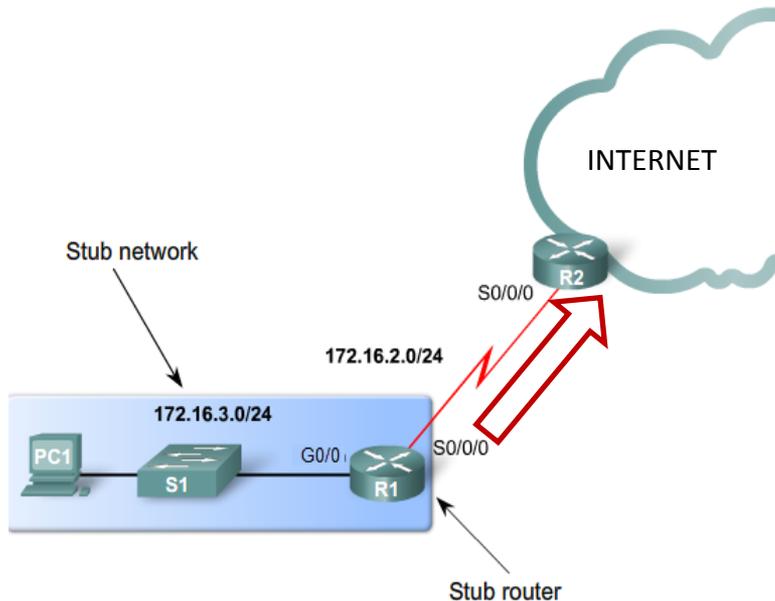
```
R2(config)# ip route 172.16.3.0 255.255.255.0 172.16.2.1
```



# DEFAULT STATIČKIH RUTA

- *Default* ruta se koristi kada želimo da ruter sav saobračaj prosleđuje upstream ruteru, obično je to ruter provajdera
- *Default* ruta mečuje bilo koju mrežu
- *Default* ruta je najmanje određena ruta i u ruting tabeli se uvek gleda zadnja

```
R1 (config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.2.2
```

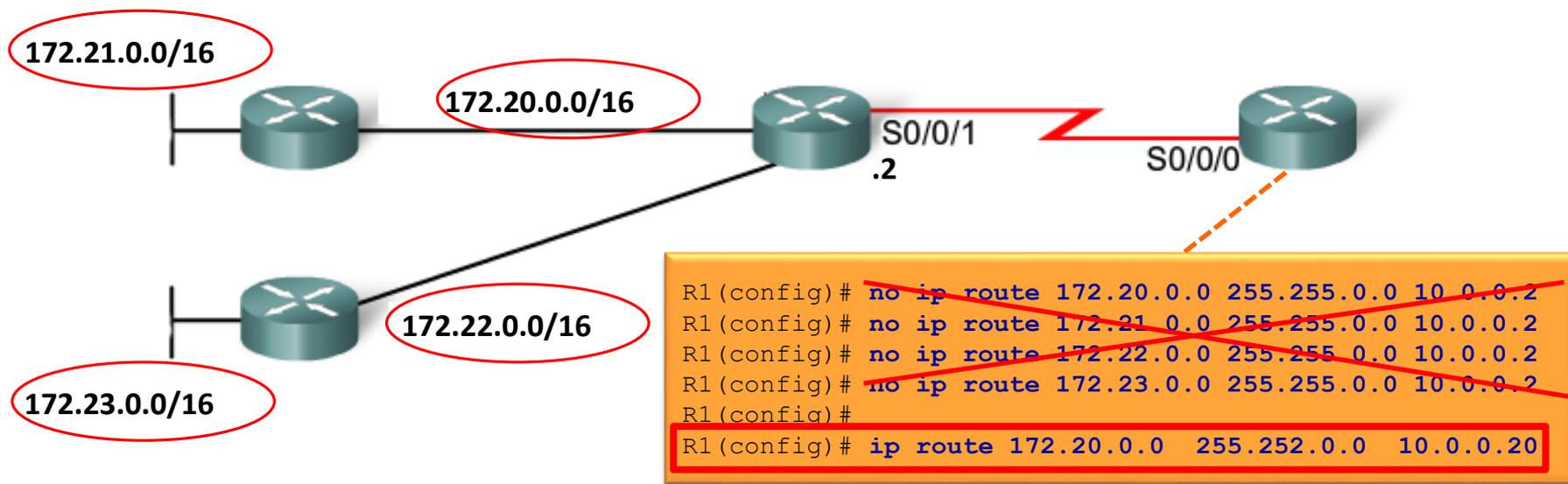


```
Router# show ip route
<some codes omitted>
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0
List of directly connected networks and remote networks
C    172.16.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
L    172.16.2.2/32 is directly connected, Serial0/0/0
S    192.168.1.0/24 [1/0] via 172.16.2.2
S    192.168.2.0/24 [1/0] via 172.16.2.2
S*   0.0.0.0/0 is directly connected, 172.16.2.1
```

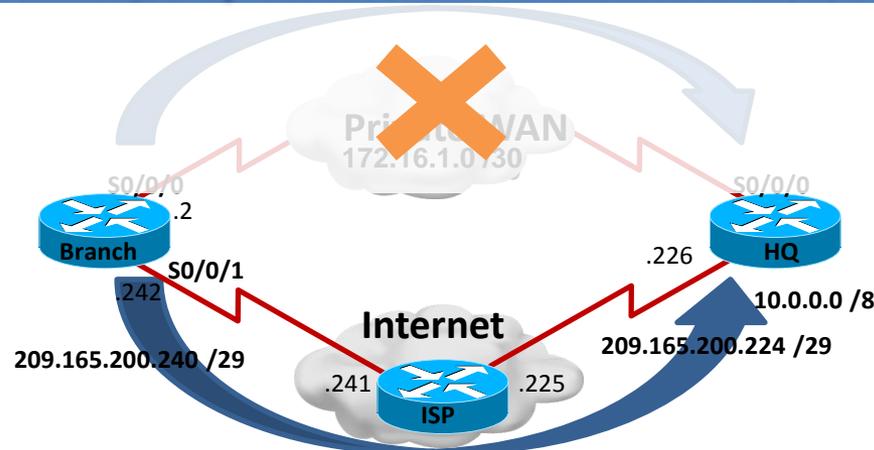
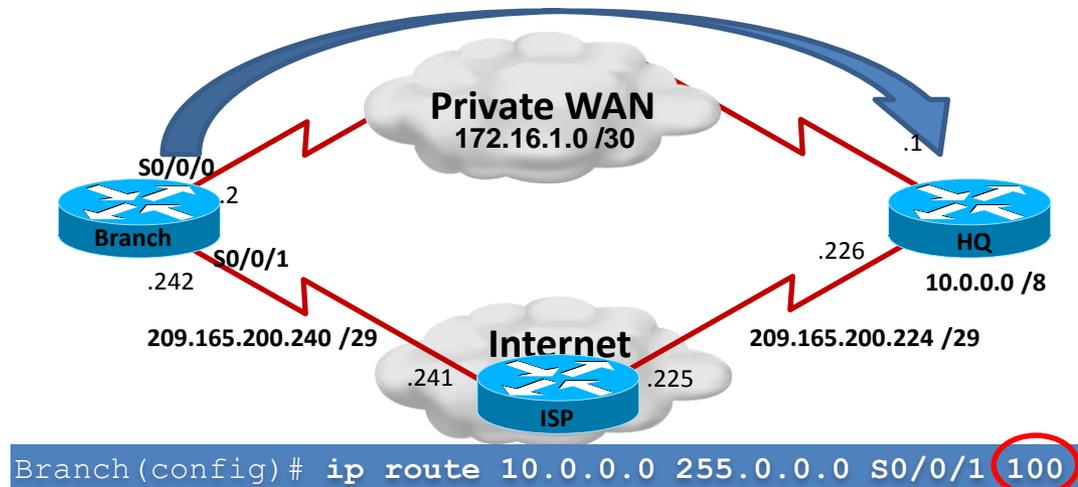
# SUMARIZOVANA STATIČKIH RUTA

- Koristi se da smanji broj mrežnih unosa u ruting tabeli
  - manje zauzeće memorije
  - brže pretraživanje ruting tabele
- Više statičkih ruta mogu da se sumarizuju u jednu ako su:
  - odredišne mreže uzastopne i mogu da se sumarizuju u jednu mrežu
  - do svih odredišnih mreža se dolazi preko istog *exit* interfejsa ili iste next hop ip adrese



# FLOATING STATIČKA RUTA

- *Privremena (eng. floating)* statička ruta je ustvari backup statička ruta primarnoj statičkoj ruti ili dinamičkoj ruti u slučaju njenog otkaza.
- *Floating* statička ruta se koristi samo u slučaju otkaza primarne rute
- Floating statičku rutu konfiguriramo sa većom administrativnom distancom u odnosu na primarnu rutu



# ZADATAK – STATIČKO RUTIRANJE

---

	Standard	Default	Summary	Floating
Backup ruta za mrežu koja je dinamičku uneta u ruting tabelu				
Jedna mrežna adresa preko koje se dolazi do više odredišnih mreža				
Mečuje sve pakete u ruting tabeli				
Korisna je za rutu ka stub mreži				
Konfiguriše se sa većom AD nego dinamički ruting protokol				
Najčešće se koristi prilikom povezivanja sa ISP				

# IP ROUTE KOMANDA

---

```
Router(config)# ip route network-address subnet-mask [ip-address] [exit-interface]
```

- ***network-address***: Odredišna adresa udaljene mreže
- ***subnet-mask***: Podmrežna maska udaljene mreže
- Jedan ili oba parametara se koriste u konfiguraciji statičke rute
  - ***ip-address***: IP adresa Next hop rutera. (Ne mora da bude Next hop IP adresa.)
  - ***exit-interface***: Outgoing ili izlazni interfejs

# VRSTE STANDARDNIH STATIČKIH RUTA

---

```
Router(config)# ip route network-address subnet-mask { ip-address | exit-interface }
```

**Next Hop Static Route** (*Preporuka je da se uvek koristi ukoliko je CEF uključen*)

```
ip route network-add subnet ip-address
```

**Directly Attached Static Route**

```
ip route network-add subnet exit-intf
```

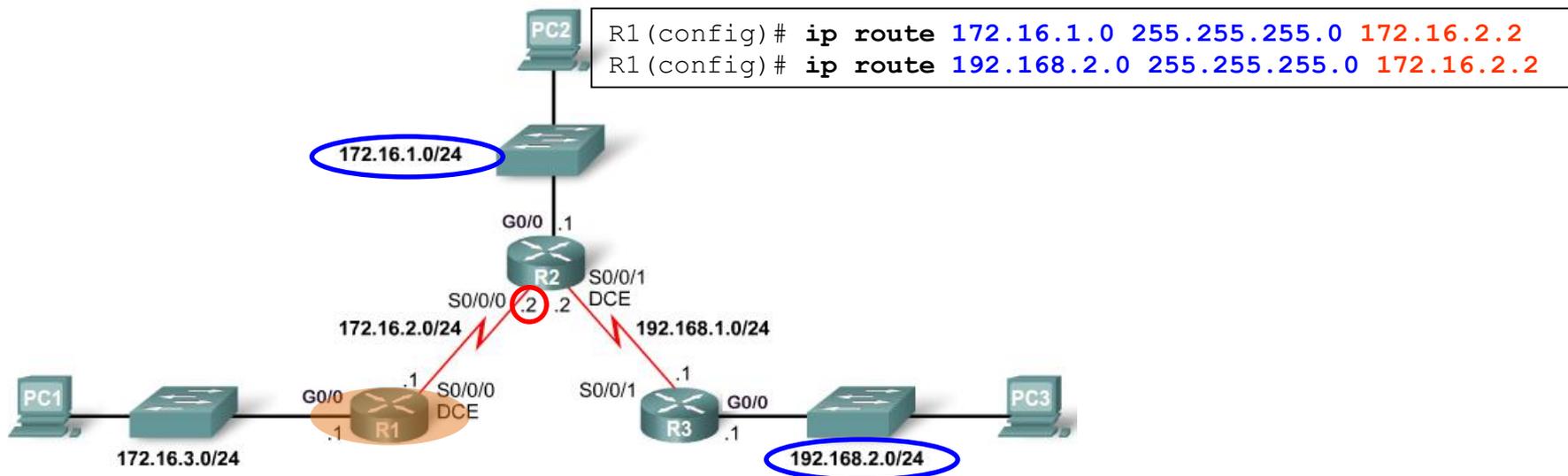
**Fully Specified Static Route**

```
ip route network-add subnet exit-intf ip-address
```

# NEXT HOP STATIČKA RUTA

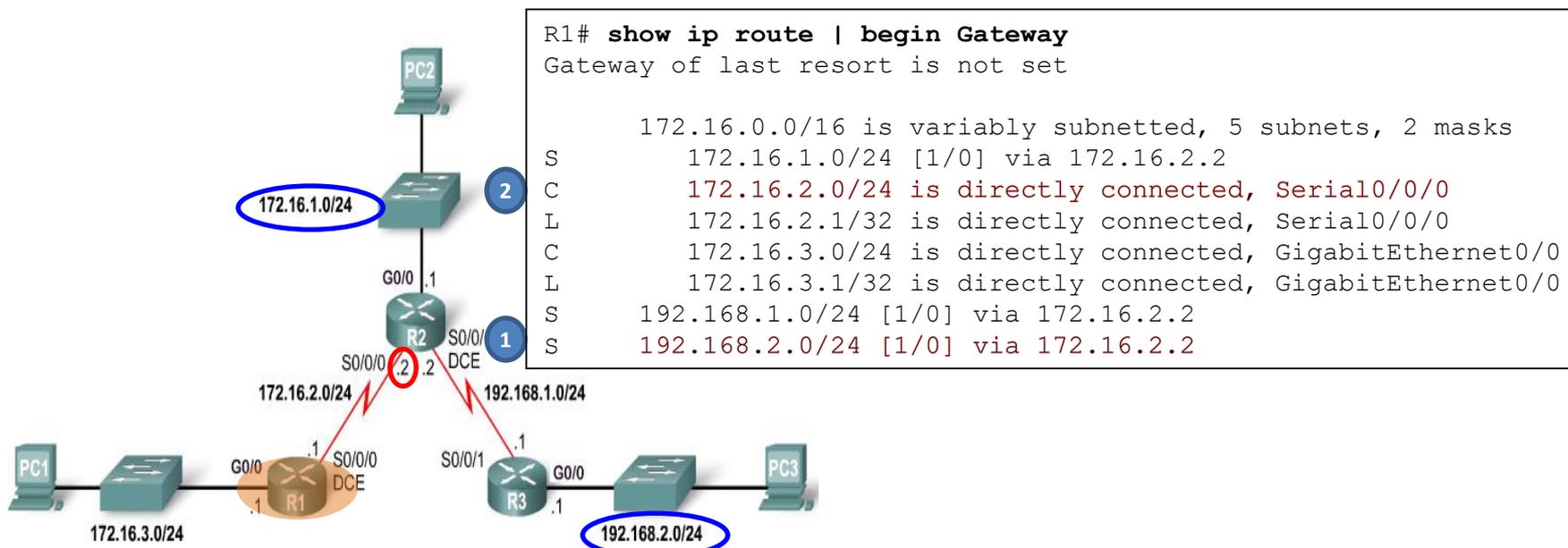
Router(config)# **ip route** `network-address` `subnet-mask` `ip-address`

- *Next hop ip* addressa je adresa najbližeg interfejsa na susednom ruteru
- Adresu sledećeg skoka je poželjno uvek koristiti



# REKURZIVNA STATIČKA RUTA

- Rekurzivni pregled u ruting tabelu biće u slučaju da je CEF isključen na ruteru a statička ruta je kreirana preko Next Hop IP adrese
- Rekurzivni pregled ruting tabele zahteva minimalno dva prolaza kroz ruting tabelu.

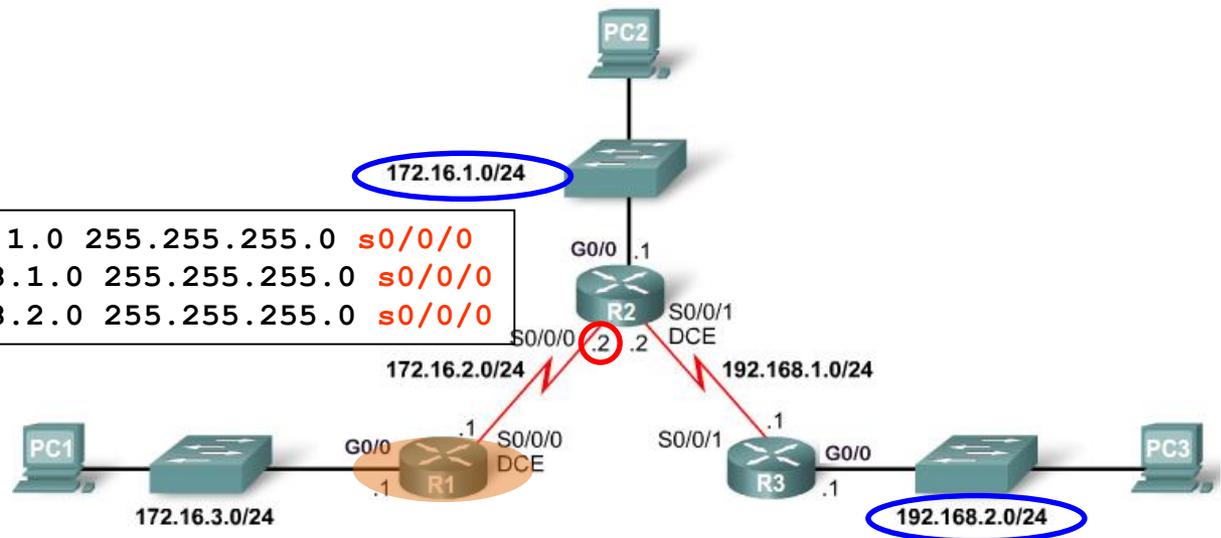


# DIREKTNA STATIČKA RUTA

Router(config)# **ip route** *network-address* *subnet-mask* *exit-interface*

- Direktna statička ruta ukoliko CEF nije uključen izbegava rekurzivni pregled ruting tabele u point-to-point mrežama

```
R1(config)# ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 s0/0/0  
R1(config)# ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 s0/0/0  
R1(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 s0/0/0
```

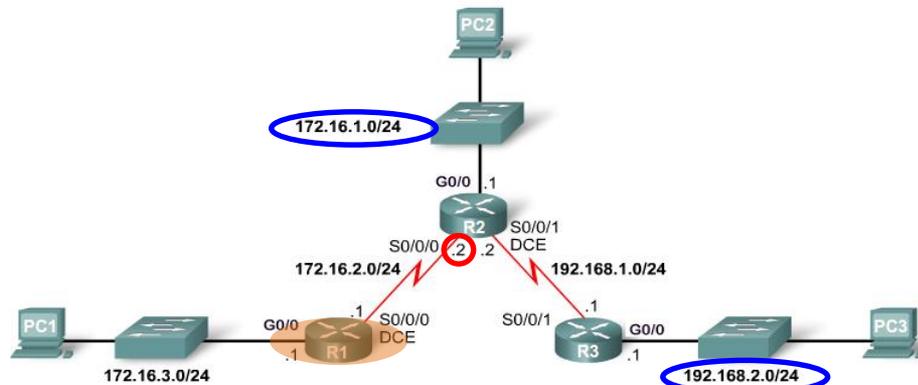


# DIREKTNA STATIČKA RUTA

```
R1# show ip route | begin Gateway
Gateway of last resort is not set
```

```
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
```

```
S 172.16.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
C 172.16.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
L 172.16.2.1/32 is directly connected, Serial0/0/0
C 172.16.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L 172.16.3.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
S 192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
S 192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
```



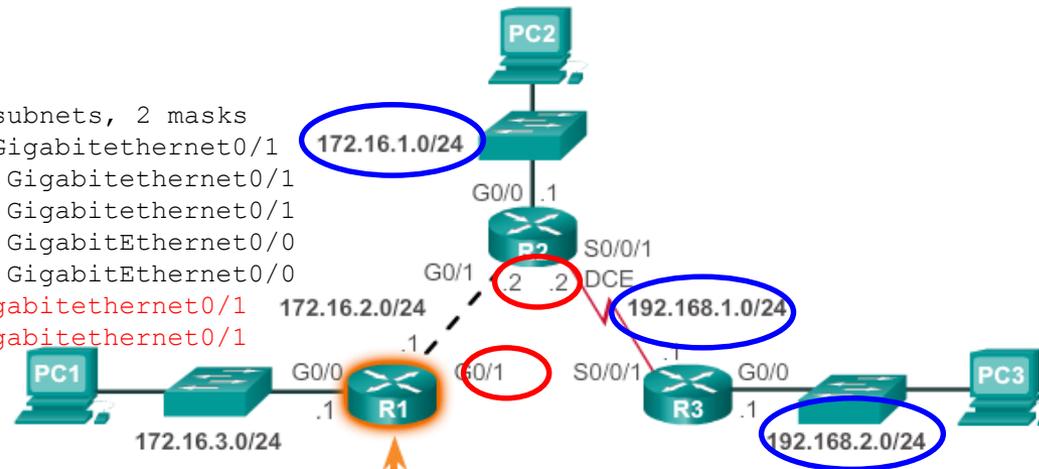
# POTPUNO DEFINISANA STATIČKA RUTA

Ruter(config)# **ip route** `network-address subnet-mask` `exit-interface` `next-hop-ip-address`

- Statička ruta sa samo izlaznim interfejsom neće raditi u multi access sredini kao što je Ethernet sredina jer postoji veći broj *next hop* rutera
- Koristi se u slučaju da je CEF isključen u multi access sredini

```
R1# show ip route | begin Gateway
Gateway of last resort is not set
```

```
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
S    172.16.1.0/24 [1/0] via 172.16.2.2, GigabitEthernet0/1
C    172.16.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L    172.16.2.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
C    172.16.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L    172.16.3.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
S    192.168.1.0/24 [1/0] via 172.16.2.2, GigabitEthernet0/1
S    192.168.2.0/24 [1/0] via 172.16.2.2, GigabitEthernet0/1
```



```
R1(config)# ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 G0/1 172.16.2.2
R1(config)# ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 G0/1 172.16.2.2
R1(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 G0/1 172.16.2.2
```

# KREIRANJE PODRAZUMEVANE(DEFAULT) RUTE

```
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 {ip-address | exit-intf [ip-address]}
```

Parametri	Opis
0.0.0.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Odgovara bilo kojoj mreži</li></ul>
0.0.0.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mečuje bilo koju subnet masku</li></ul>
ip-address	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definiše Next Hop IP adresu</li><li>• Koristi se kod broadcast medijuma</li><li>• Najčešće kreira rekurzivni lookup ruting tabele</li></ul>
exit-intf	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definiše izlazni interfejs do date mreže</li><li>• Kreira direktno povezanu statičku rutu.</li><li>• Koristi se u point-to-point topologiji</li></ul>