

# Projektovanje adresne šeme

---

# Uvod

## \* Mrežni nivo i IPv4 protokol

- Protokoli mrežnog nivoa
- IP protokol
- IPv4 mreže

## \* Osnove rutiranja paketa

- Prosleđivanje paketa
- Ruteri, ruting tabela i rutiranje
- Autonomni sistemi i ruting protokoli

## \* IPv4 subneting

- Klasno i besklasno adresiranje
- Subnetovanje
- Projektovanje adresne šeme

## \* Klasno i besklasno rutiranje

- Klasno i besklasno rutiranje
- Podela ruting protokola
- RIPv1 i RIPv2
- Diskontinuiteti u adresnoj šemi

## \* IPv6

- IPv6 protokol
- IPv6 adrese i tipovi adresa
- IPv6 subneting
- Tehnike za uvođenje IPv6

# **MREŽNI NIVO I IPV4 PROTOKOL**

# Fizičke i logičke adrese

## \* Svaki računar u mreži ima dodeljenu fizičku adresu

- Fizička adresa se razlikuje u zavisnosti od tipa mreže (protokola 2 nivoa koji se koristi u mreži)
  - Npr. kod Ethernet-a, fizička adresa se naziva i MAC adresa, i predstavlja 6-to bajtni identifikator (npr. 08-0B-F0-AF-DC-09).
  - Kod Frame-Relay protokola 2. nivoa za WAN mreže je dvobajtni kod, koji sadrži broj virtualnog kanala (DLCI), itd.
- Adrese na 2. nivou se nazivaju fizičkim adresama jer je adresa definisana tipom instalirane fizičke mrežne kartice

## \* Potreba za uvođenjem novog, mrežnog sloja javila se iz dva glavna razloga:

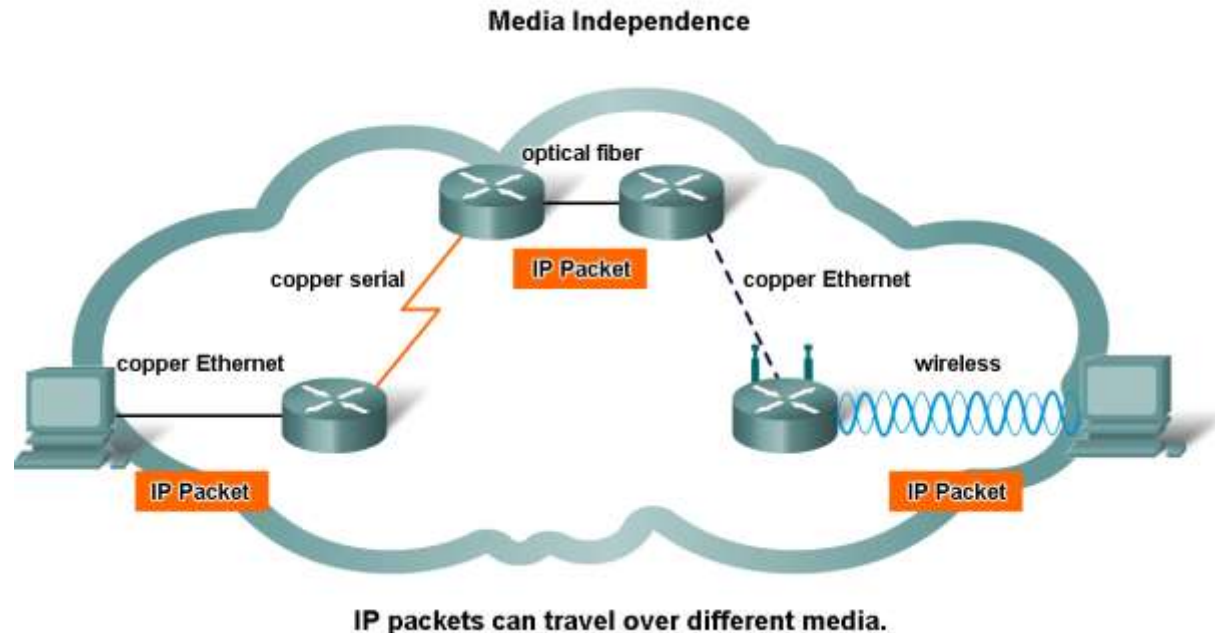
- Nehierarhijskog dizajna adresa Ethernet protokola, bez obzira što je Ethernet adresa svakog računara je jedinstvena.
- Raznolikosti mreža i protokola 2. nivoa

## \* Internet adrese su logičke adrese, i ne zavise ni od jedne hardverske mrežne komponente.

# Nezavisnost prenosa podataka od protokola 2. nivoa

\* Jedan od razloga za uvođenje protokola 3. nivoa je nezavisnost od medijuma

- To znači da pakete 3. nivoa može prenositi bilo koji protokol 2. nivoa
- Ovo se postiže dodatnom enkapsulacijom



# Mrežni nivo

## \* Mrežni nivo je uveden da bi rešio probleme

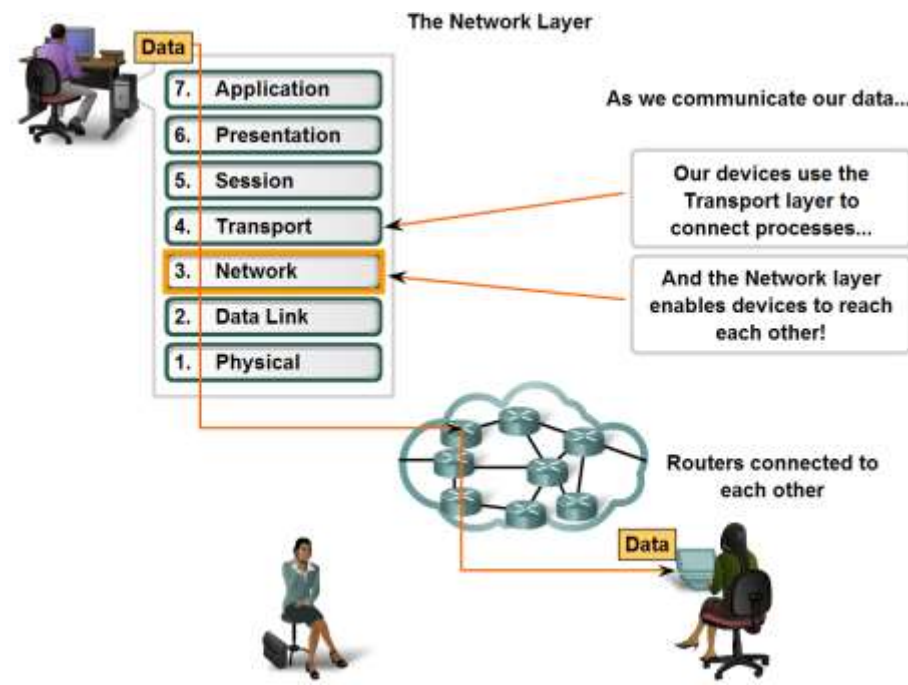
- hierarhijskog dizajna adresne šeme
- raznovrsnost protokola 2. nivoa

## \* Zadužen za

- prenos paketa izmedju dva hosta
  - Bez konekcije (connectionless)
  - sa kraja na kraj mreže
  - bez garancije uspešnosti prenosa (nepouzdan)

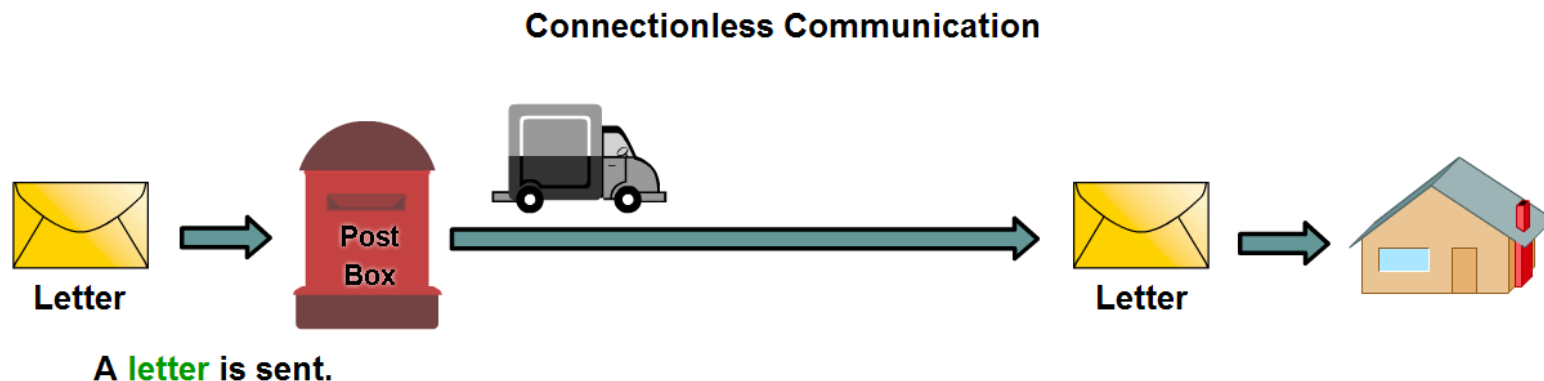
## \* Osnovne f-je

- enkapsulacija/dekapsulacija paketa
- adresiranje
- rutiranje paketa od izvora do odredišta



# Beskonekcioni protokol

- \* Beskonekcioni sistemi (IP, UDP)
- \* Pošiljalac ne uspostavlja vezu pre slanja poruke
  - Pošiljalac ne zna da li je odredište spremno, da li je isporuka izvršena, da li odredište može da "razume" protokol
- \* Odredište ne zna kada će paket stići



## The sender doesn't know:

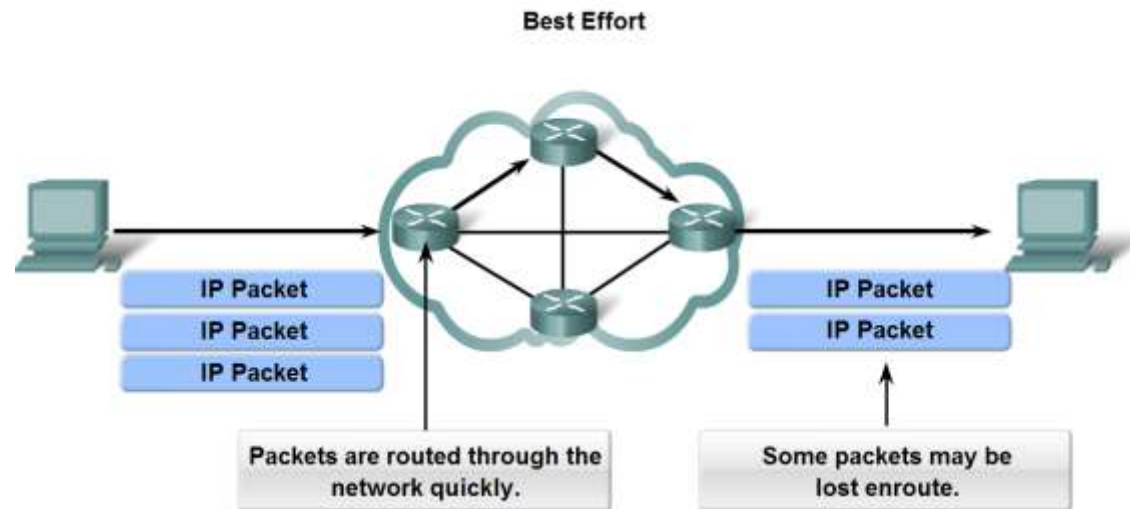
- if the receiver is present
- if the letter arrived
- if the receiver can read the letter

## The receiver doesn't know:

- when it is coming

# Nepouzdan protokol

- \* Nepouzdan jednostavno znači da ne postoji garancija da će paket stići na odredište
- \* Pouzdanost se uvodi uvođenjem novog sloja: transportnog (TCP protokol)



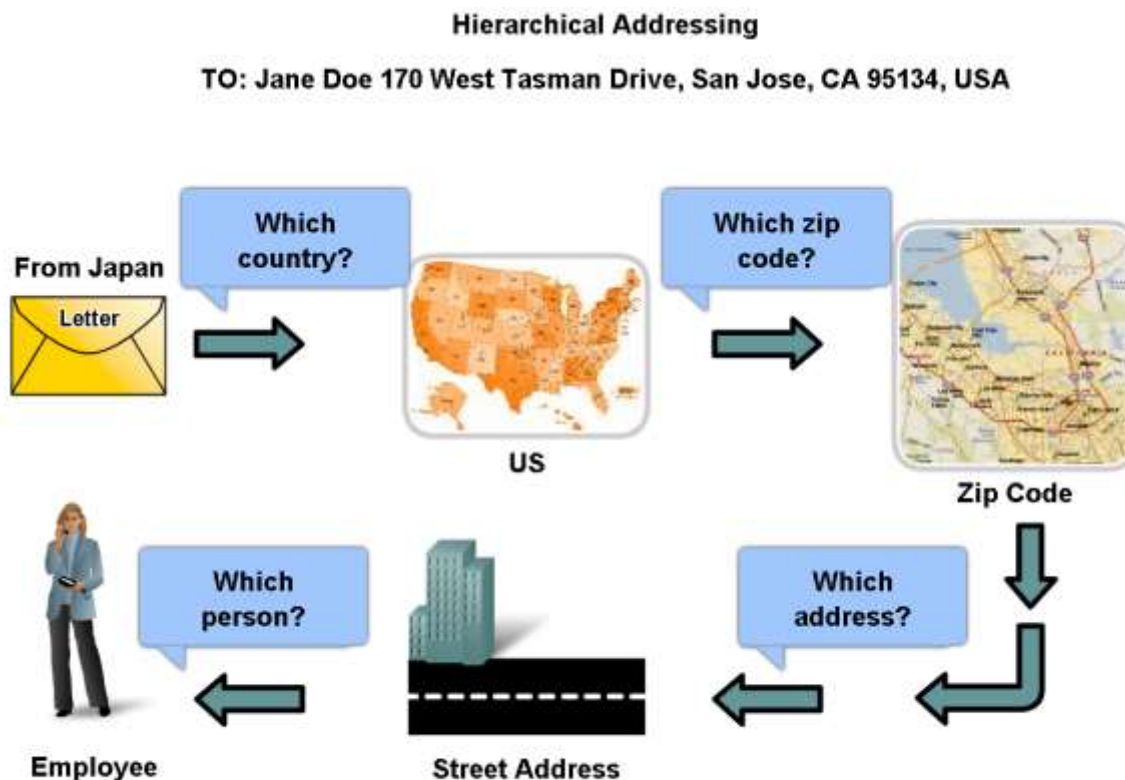
As an unreliable Network layer protocol, IP does not guarantee that all sent packets will be received.

Other protocols manage the process of tracking packets and ensuring their delivery.



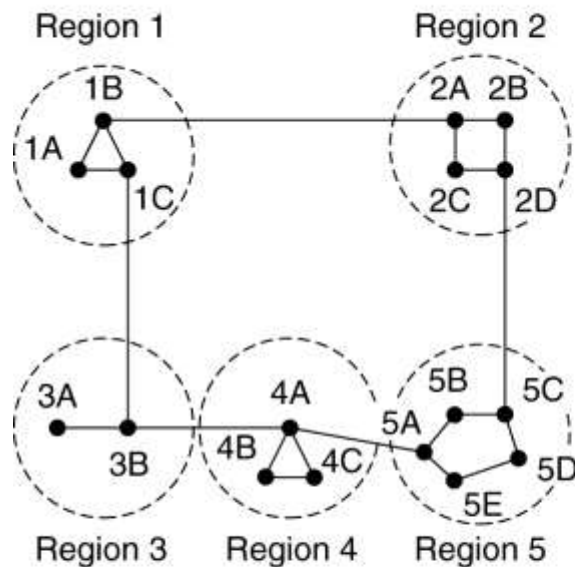
# Hierarhijsko adresiranje

- \* Kod hierarhijskog adresiranja svaka adresa je
  - jedinstvena
  - sastoji se iz više nivoa koji se koriste pri prosleđivanju
- \* Slično kao adresiranje pošte...



At each step of delivery, the post office need only examine the next hierarchical level.

# Hierarhijski dizajn adresa i redukovanje tabela



(a)

Full table for 1A

Dest.	Line	Hops
1A	—	—
1B	1B	1
1C	1C	1
2A	1B	2
2B	1B	3
2C	1B	3
2D	1B	4
3A	1C	3
3B	1C	2
4A	1C	3
4B	1C	4
4C	1C	4
5A	1C	4
5B	1C	5
5C	1B	5
5D	1C	6
5E	1C	5

(b)

Hierarchical table for 1A

Dest.	Line	Hops
1A	—	—
1B	1B	1
1C	1C	1
2	1B	2
3	1C	2
4	1C	3
5	1C	4

(c)

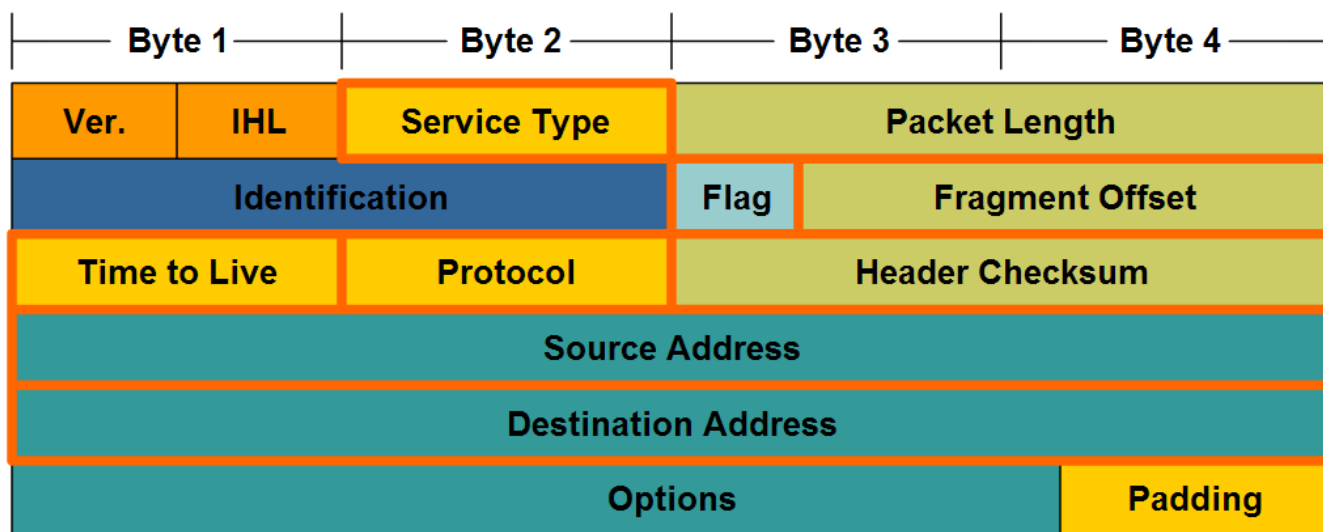
- Cena se plaća u efikasnosti

# Protokoli mrežnog nivoa

- \* Internet Protocol verzija 4 (IPv4)
  - najrasprostranjeniji
- \* Internet Protocol version 6 (IPv6)
  - već dostupan, besplatne (!!!) javne IP adrese
- \* Novell Internetwork Packet Exchange (IPX)
  - Originalni NetWare-ov proizvod iz 1983.
  - Prvi mrežni protokol koji su podržavale prve multiplayer video igre poput Doom-i Quake-a
- \* AppleTalk
  - Razvijen od strane Apple-a 1983. za potrebe povezivanja MAC računara
- \* Ovi protokoli se na engleskom nazivaju i **routed** protokoli, za razliku od **routing** protokola tipa RIP i sl.
- \* Operativni sistemi "po defaultu" podržavaju IPv4, a u poslednje vreme i IPv6. Ostali protokoli se mogu "doinstalirati" po potrebi iz dijaloga za podešavanje mreže.

# Struktura IP paketa

- \* IP paket ima strukturu prikazanu na slici.
- \* U ovoj strukturi razlikujemo 5 ključnih polja.



# 5 ključnih polja IP zaglavlja

## \* IP source address

- 32 bitna IP adresa izvorišta
  - Koristi je odredište da bi bilo u mogućnosti da odgovori

## \* IP destination address

- 32 adresa odredišta
  - Koriste je ruteri da bi odredili gde treba proslediti paket

## \* Time-to-live (TTL)

- Osmobitno polje koje se dekrementira na svakom ruteru i govori koliko je skokova ostalo paketu pre nego da bude odbačen.
  - Koristi se za prevenciju problema od eventualnog nastanka petlji u rutiranju

## \* Type-of-service (ToS)

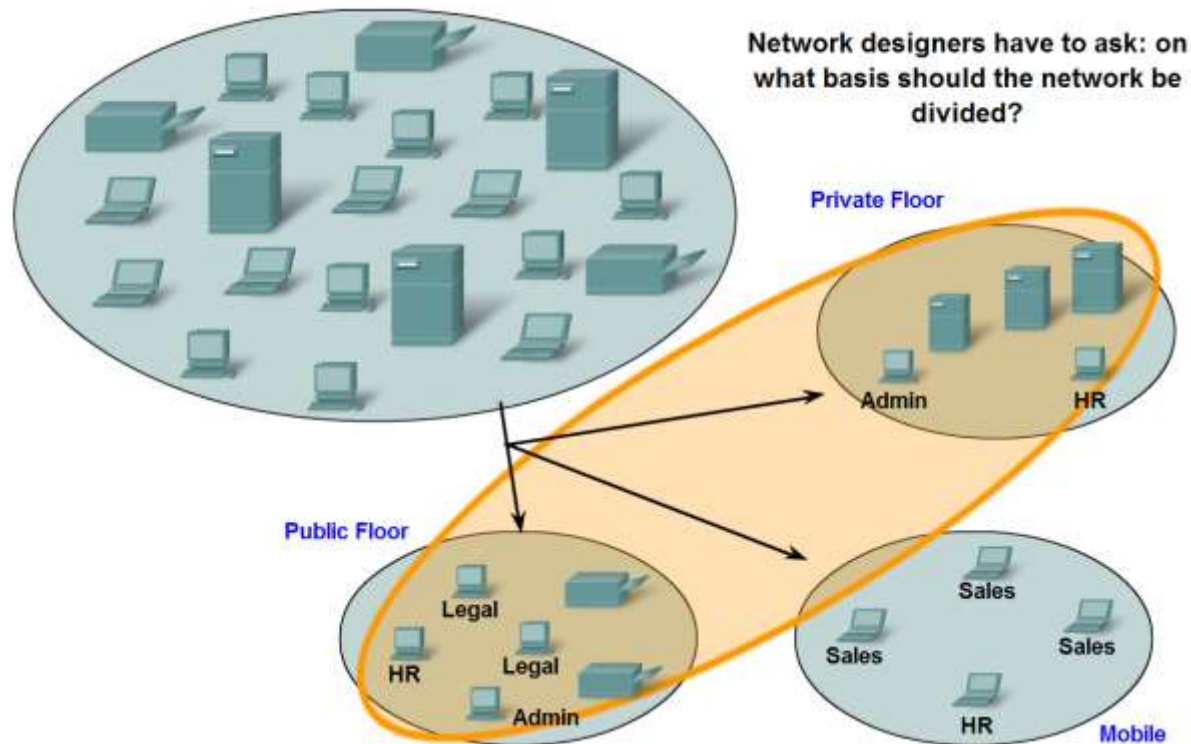
- Osmobitno polje za određivanje prioriteta paketa
  - Koristi se ako je uključen kvalitet servisa (QoS), t.j. Tzv. "prioritetno baferovanje"

## \* Protocol

- Govori o podaci kod protokola višeg nivoa su enkapsulirani u IP paketu

# Grupisanje uređaja u okviru mreža

- \* Uređaji se mogu grupisati u logički povezane grupe po:
  - Geografskoj lokaciji
  - Nameni
  - Vlasništvu
- \* Logičke celine se izdvajaju u posebne brotkast domene



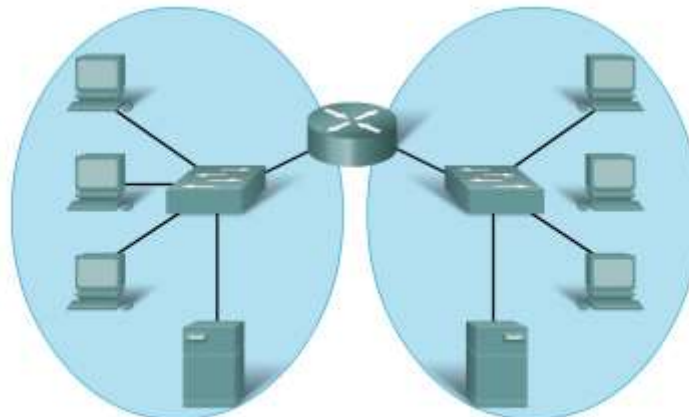
# Razdvajanje mreža

## \* Razlozi:

- Performanse
  - Smanjeni brotkast domeni, bolja kontrola protoka saobraćaja
- Sigurnost
  - ACL između mreža, jednostanije ih je definisati i kontrolisati
- Upravljanje adresama
  - hierarhijski dizajn i redukovanje veličine ruting tabele

## \* Jedan brotkast domen

- Svi uređaji u okviru brotkast domena imaju isti mrežni deo IP adrese kako bi bilo moguće redukovati ruting tabelu



Replacing the middle switch with a router creates 2 IP subnets, hence, 2 distinct broadcast domains. All devices are connected but local broadcasts are contained.

# Hierarhijsko adresiranje

## \* IP adrese imaju 2 nivoa hierarhije:

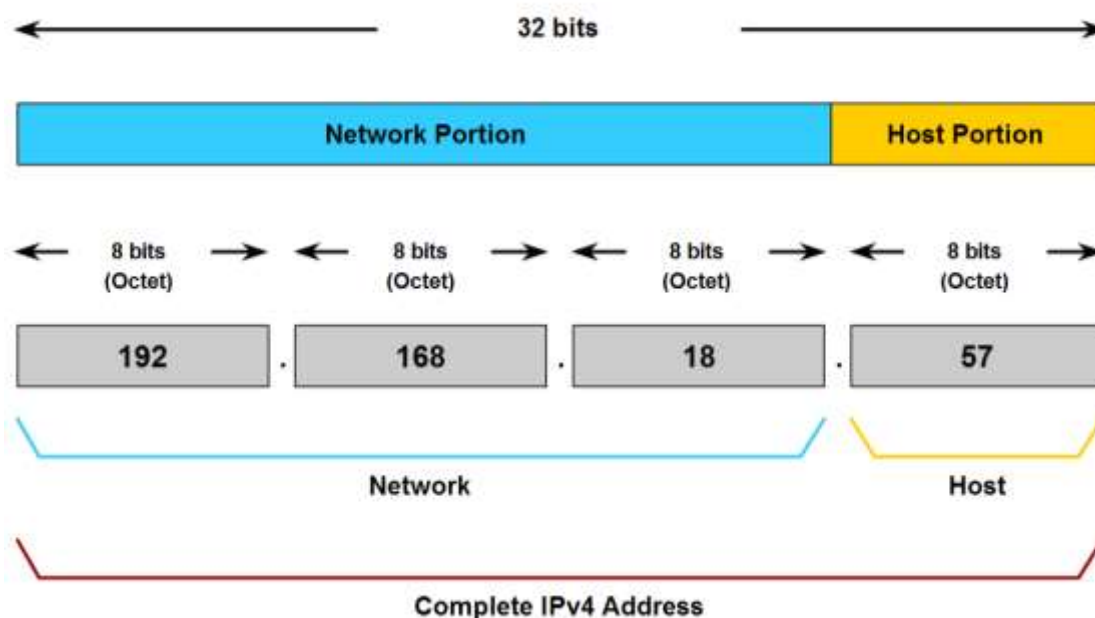
- mrežni deo

- koji jednoznačno određuje brotkast domen, t.j. mrežu i koristi se za rutiranje paketa

- Host

- jedinstveni identifikator uređaja na mreži

## \* Za povezivanje različitih mreža koriste se uređaji koji imaju više interfejsa i koji mogu na osnovu mrežnog dela proslediti paket na interfeis ka odredištu





# Tipovi IP adresa

## \* Adresa mreže

- Predstavlja “specijalan” tip adresa koji u delu za host ima sve cifre jednake 0
  - Na primer: 160.99.0.0
- Ne može se dodeliti ni jednom uređaju
- Koristi se za
  - Oznake mreža u ruting tabelama rutera
  - Označavanje mreža u dokumentaciji

## \* Unikast adresa

- Validna IP adresa koja se može dodeliti IP uređaju
  - Na primer: 160.99.13.128

## \* Multikast adresa

- IP adresa iz tačno definisanog opsega IP adresa. Nema razdvojen mrežni deo i host deo
  - Na primer: 224.0.0.5
- Jedna IP adresa označava jedan servis, a ne jedan uređaj
- Više računara može imati istu multikast IP adresu, pored svoje jedinstvene IP adrese, čime se obezbeđuje da određeni servis može da dosegne samo tačno određenu grupu uređaja na mreži
  - Na primer: neki ruting protokoli, Video-over-IP aplikacije, i sl.

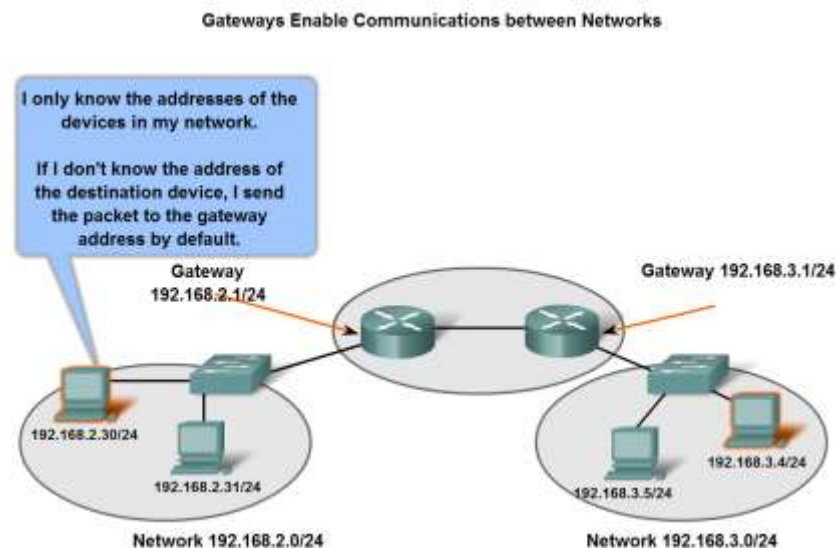
## \* Brodkast adresa

- Adresa koji u delu za host ima sve cifre jednake 1
- Ukoliko je u navedena kao odredište paketa, prihvataju svi računari na brotkast domenu
- Postoje dva tipa brotkast adresa:
  - Globalno rutabilne brotkast adrese
    - Na primer: 160.99.255.255
  - Nerutabilne brotkast adrese
    - Na primer: 255.255.255.255

# **OSNOVE RUTIRANJE PAKETA**

# Povezivanje mreža

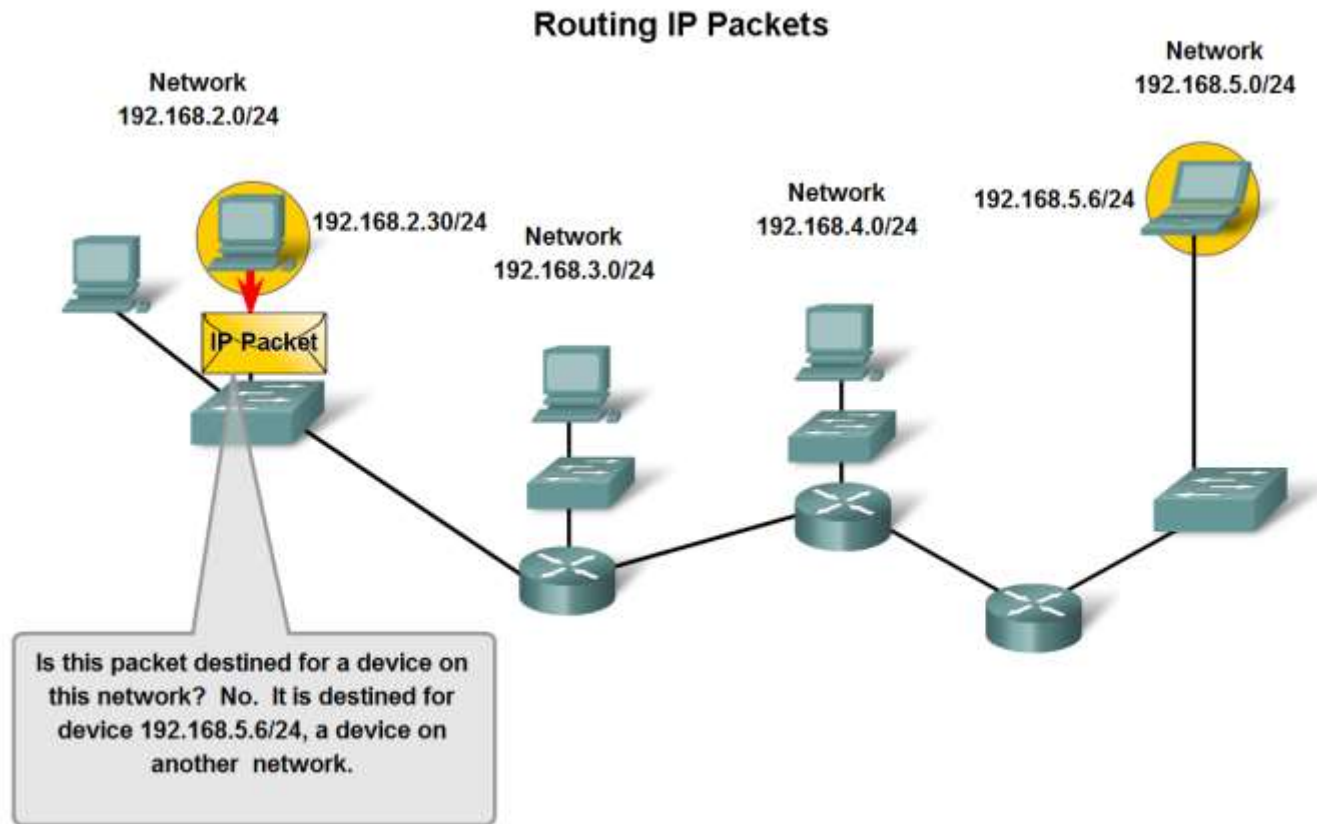
- \* Ukoliko uređaji imaju potrebu da komuniciraju sa bilo kojim uređajem van svoje mreže, neophodan je gateway.
  - Svaki uređaj na mreži, ukoliko utvrdi da odredište nije na istoj mreži na osnovu IP adrese odredišta, paket šalje Gateway-u.
  - Gateway je uređaj koji može da prosledi paket na neki od svojih interfejsa povezanih na "udaljene" mreže na osnovu odredišne nadrese, t.j. na osnovu njenog mrežnog dela.
  - Naredba ipconfig iz konzole računara (windows) prikazuje adresu gateway-a
  - Ulogu gateway-a može imati ruter, ili računar sa više mrežnih interfejsa i odgovarajućim softverom.



# Prosleđivanje paketa

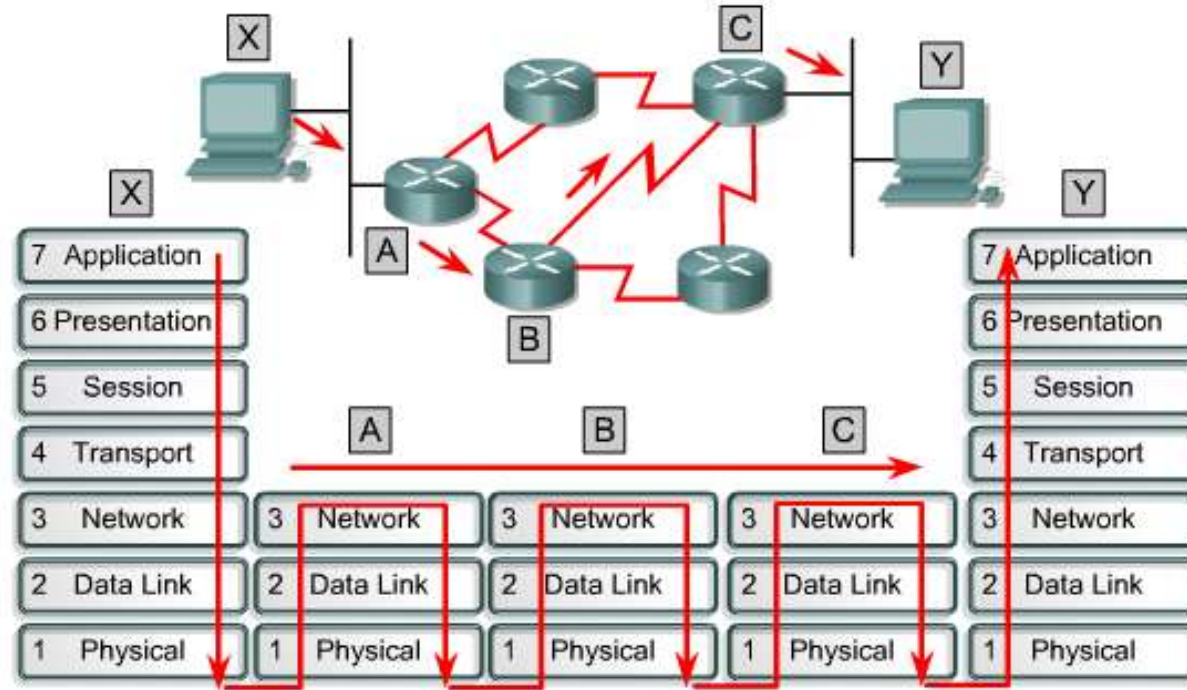
\* Svaki ruter na putu paketa donosi odluku gde treba proslediti paket.

- Odluka se donosi na osnovu
  - odredišne adrese paketa
  - sadržaja ruting tabele na ruteru



# Propagacija paketa kroz mrežu

- \* IP adresa izvora i odredišta se ne menjaju nijednom na putu paketa kroz mrežu (sem kroz NAT i proxy)
- \* Fizičke adrese se menjaju (i src i dest) na svakoj mreži



Each router provides its services to support upper-layer functions.

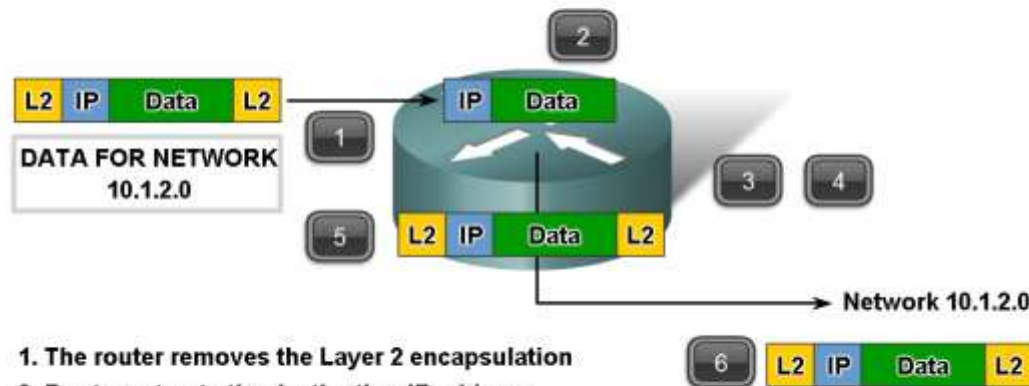
# Poslovi koje obavlja ruter

\* Funkcije (sa slike) obavlja za svaki pristigli paket

\* Ruter će ili

- proslediti paket sledećem ruteru, ili
- proslediti paket odredištu, ako je direktno povezano, ili
- će odbaciti paket, ako nema putanju.

➤ Zbog ovoga svaki ruter u svojoj ruting tabeli mora da ima informaciju o postojanju svih mreža, ma kako te informacije "dospele" u ruting tabelu (statički ili dinamički)



1. The router removes the Layer 2 encapsulation
2. Router extracts the destination IP address
3. Router checks the routing table for a match
4. Network 10.1.2.0 is found in the routing table
5. Router re-encapsulates the packet
6. Packet is sent to Network 10.1.2.0

# Ruting tabela

\* Ruting tabela je specijalna struktura podataka koja sadrži:

- Informacije bitne za prosleđivanje: adresu odredišne mreže, interfejs na koji treba proslediti paket za tu mrežu, metriku (cenu puta) do odredišta,
- Informacije nebitne za prosleđivanje: informacije o vremenu još koliko je ruta aktivna, informaciju o načinu na koji je ruta dospela u ruting tabelu

\* Bez obzira na način na koji su rute dospеле u ruting tabelu, ruting tabela treba da sadrži sve mrežne IP adrese dostupnih mreža. Načini na koje ruta može dospeti u ruting tabelu:

- Direktno povezana
  - Određuje i dodaje sam ruter na osnovu IP adrese na interfejsu, čim bude podešen
- Statička
  - Administrator zadaje "ručno" adresu mreže i izlazni interfejs (ili adresu sledećeg skoka)
- Dinamički naučena
  - Naučena pri međusobnoj razmeni informacija između rutera

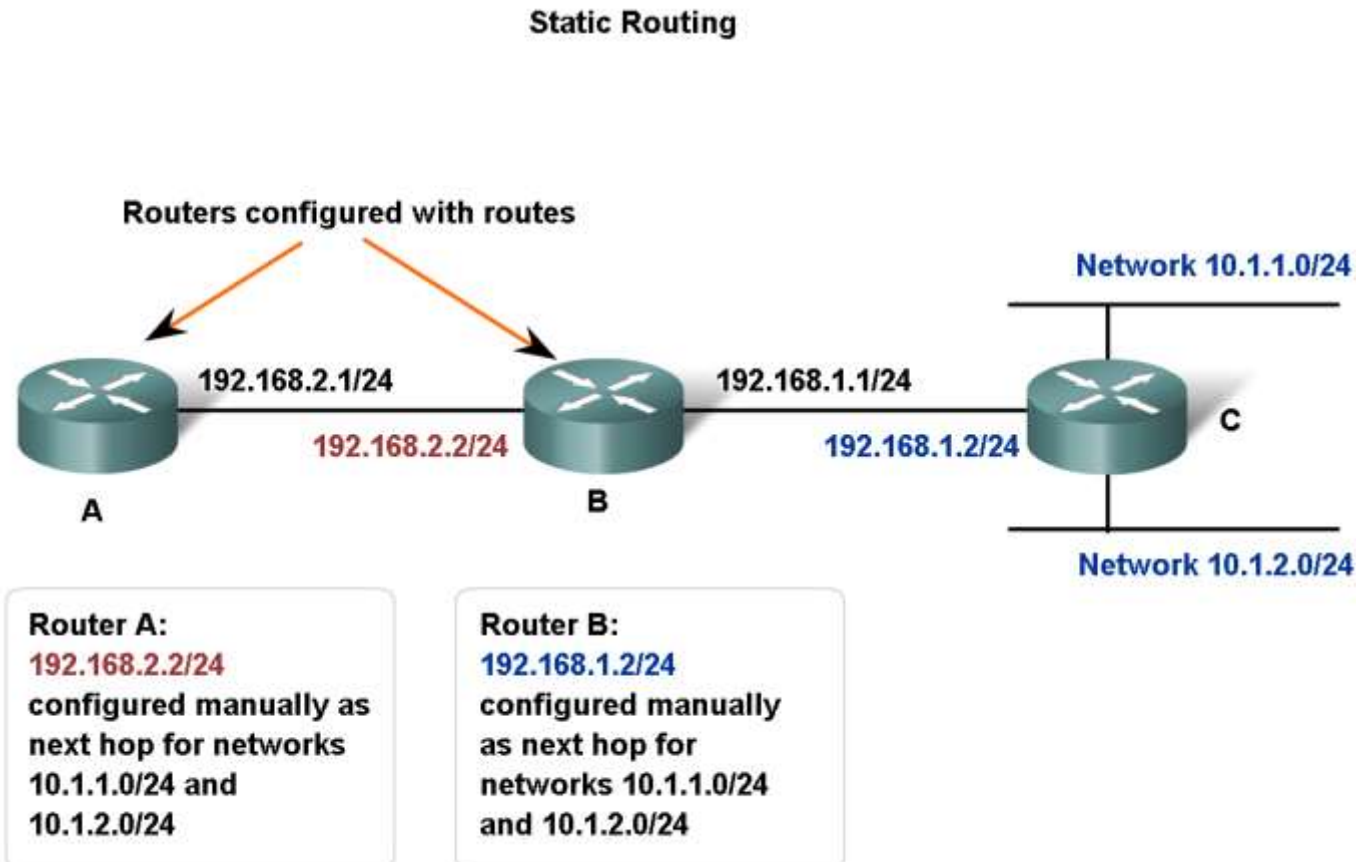
\* Da se ne bi pamtile bukvalno sve mreže na internetu, olakšavajuća okolnost je što se većina ruta može sumarizovati u vidu default rute.

- Na ovaj način se pamti samo jedna ruta za "sve ostale" mreže
  - Obično default rutu definiše administrator statički

# Statičko rutiranje

## \* "Ručno" podešeno od strane administratora

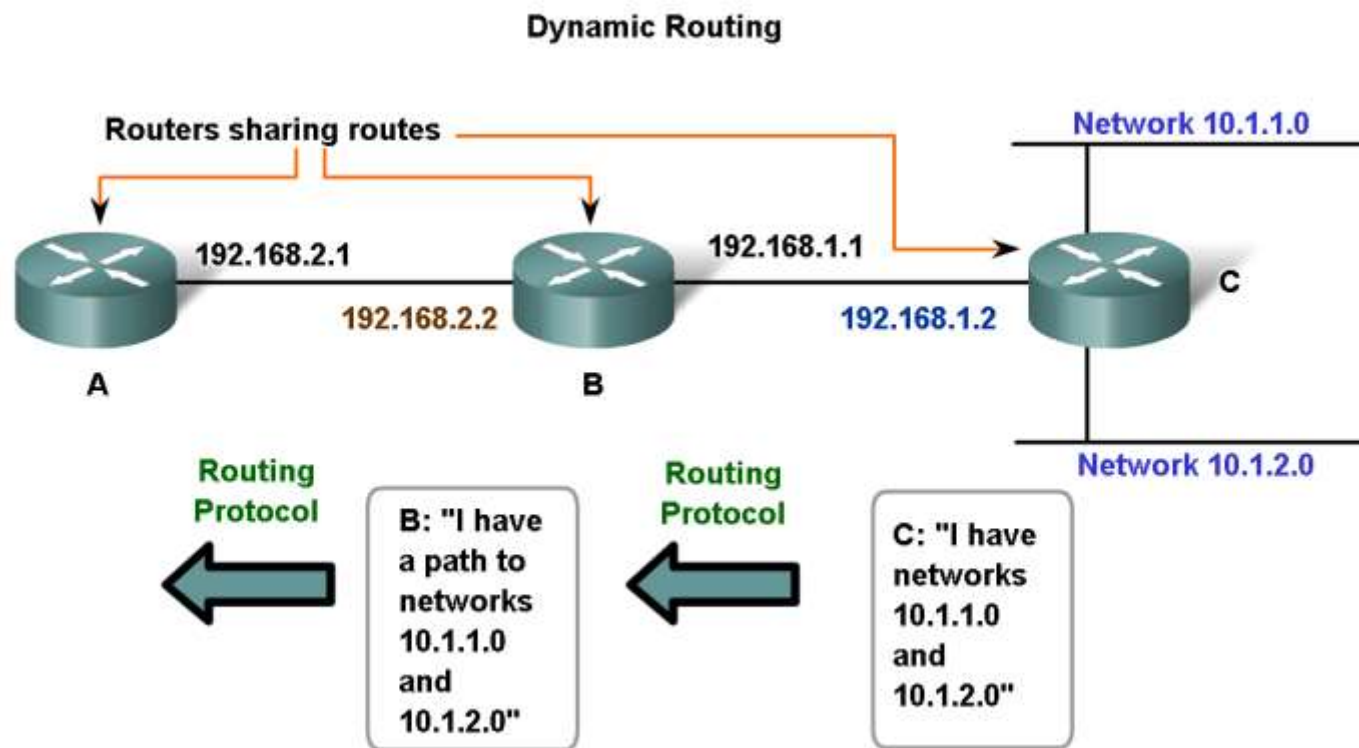
- Veoma zahtevno kod velikih mreža
- Bezbednije od dinamičkih razmena informacija





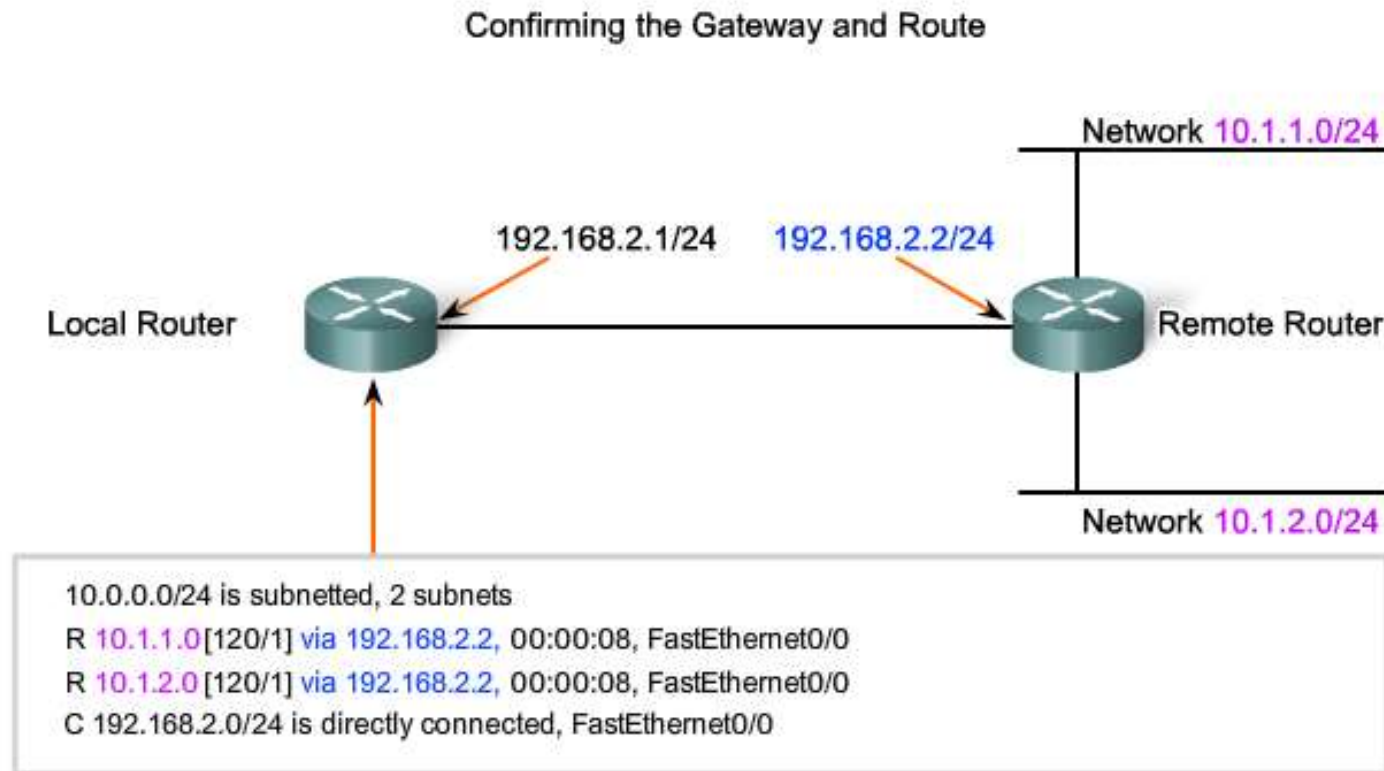
# Dinamičko rutiranje

- \* Ruteri razmenjuju informacije o svojim "direktno povezanim mrežama" u slučaju svih ruting protokola
- \* mreže za čije postojanje su "saznali" od susednih ruteru prosleđuju dalje (slučaj distance-vector ruting protokola)



# Primer ruting tabele

- \* Naredba kojom se može prikazati sadržaj ruting tabele na ruteru je *show ip route*

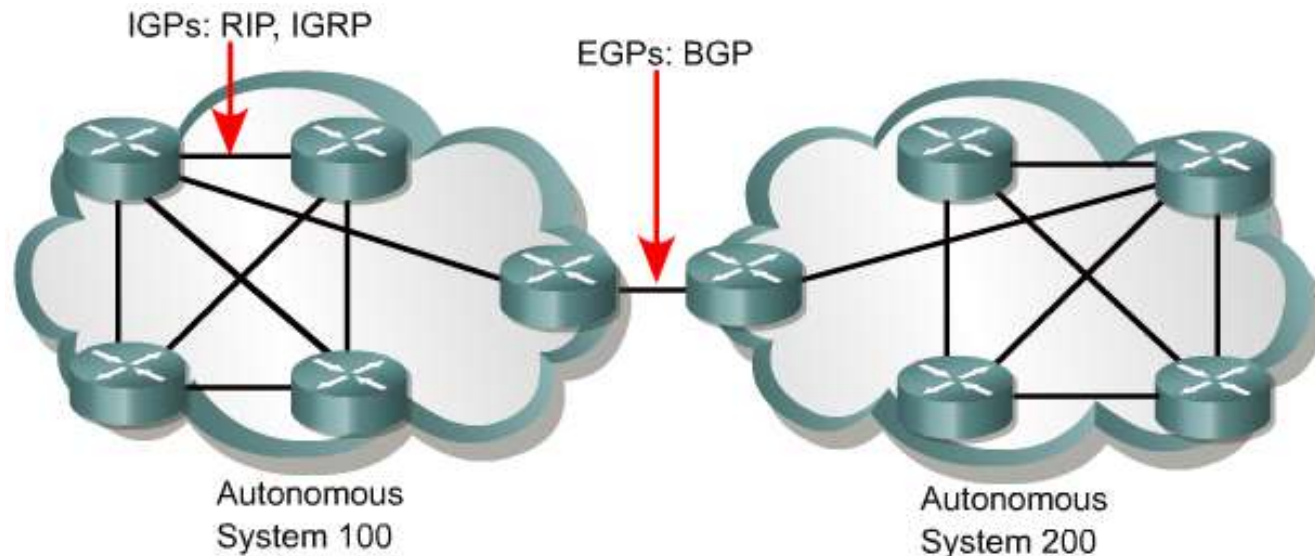


This is the routing table output of Local Router when the "show ip route" is issued.

The next hop for networks 10.1.1.0/24 and 10.1.2.0/24 from Local Router is 192.168.2.2.

# IGP and EGP

- \* Interior Gateway Protokoli razmenjuju informacije o lokalnim autonomnim sistemima (**jedan** administrativni domen).
  - RIP, RIPv2, IGRP, EIGRP, OSPF, IS-IS
- \* Exterior Gateway Protokoli razmenjuju informacije o celim, obično sumarnim rutama različitih administrativnih domena
  - tipa: provajder – klijent: svako ima svoj protokol, a sumarne informacije se razmenjuju preko zajedničkog protokola
  - Najpoznatiji i najčešće korišćeni je Border Gateway Protocol (BGP)
- \* Granični (border) ruteri treba da imaju istovremeno startovana po dva ruting protokola



# Routing protokoli

## \* IGP

- RIP (klasni, distance-vektor)
  - Routing Information Protocol
- RIP v2 (besklasni, distance-vektor)
- IGRP (klasni, distance-vektor)
  - Interior Gateway Routing Protokol
- EIGRP (besklasni, distance-vektor)
  - Enhanced Interior Gateway Routing Protocol
- OSPF (besklasni, link-state)
  - Open Shortest Path First
- IS-IS (besklasni, link-state)
  - Intermediate System to Intermediate System

## \* EGP

- BGP
  - Border Gateway Protocol

# IPV4 SUBNETING

# Klasno i besklasno adresiranje

## \* Kaže se da je adresa

- klasna, ako se SAMO na osnovu IP adrese može odrediti kojoj mreži pripada
- besklasna, ako se ne može samo na osnovu IP adrese odrediti pripadnost mreži, već je potrebna i SUBNET maska

## \* Pre 1981. godine, IP adrese su koristile samo prvih 8 bitova za identifikaciju mrežnog dela adrese ([RFC 760](#))

- t.j. Postojalo je ukupno 256 mreža

## \* Mali broj mrežnih adresa je problem, jer je još u januaru 2007. broj uređaja na internetu bio preko 433 miliona

## \* Rešenja za očuvanje adresnog prostora

### • privremena:

- VLSM i CIDR (1993, RFC 1519)
  - Variable Length Subnet Masking i Classless Inter-Domain Routing
- Network Address Translation (1994, RFC 1631)
  - Private Addressing (1996, RFC 1918)
    - » 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/22, 192.168.0.0/16

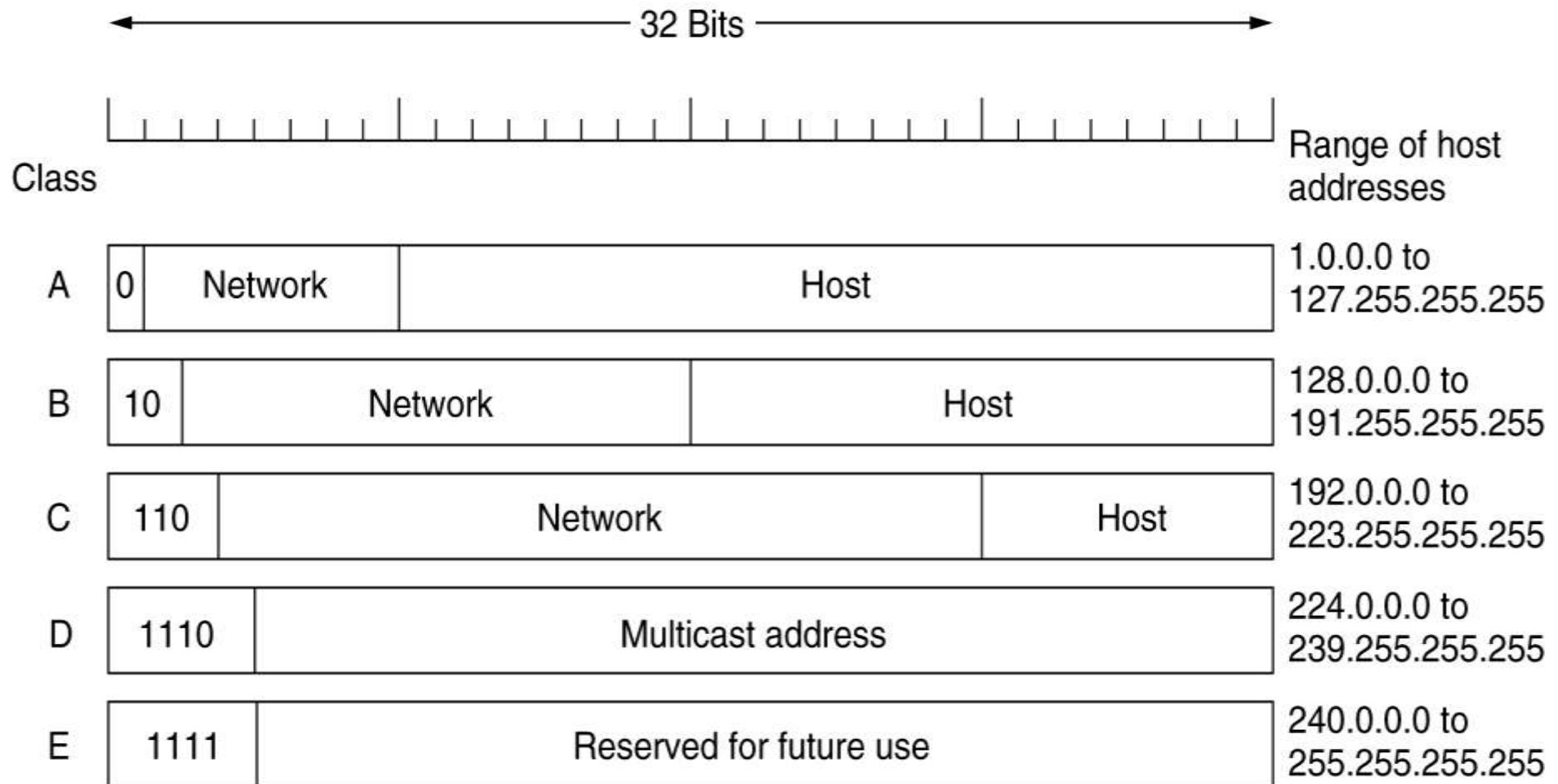
### • trajno:

- IPv6

# Klasno IPv4 subnet-ovanje

- \* Godine 1981. RFC 791 dokumentom su modifikovane IPv4 adrese tako da podržavaju različite klase (veličine mreža)
- \* Postojećih 256 mreža je podeljeno na 2 dela:
  - zadržano je 128 "velikih" mreža (127 ne računajući 0), gde samo prvih 8 bitova identifikuje mrežu
  - preostalih 128 (127 ne računajući 255) mreža dalje podeljeno na dva dela:
    - 128 manjih mreža gde prvih 16 bitova određuju mrežu
    - ...

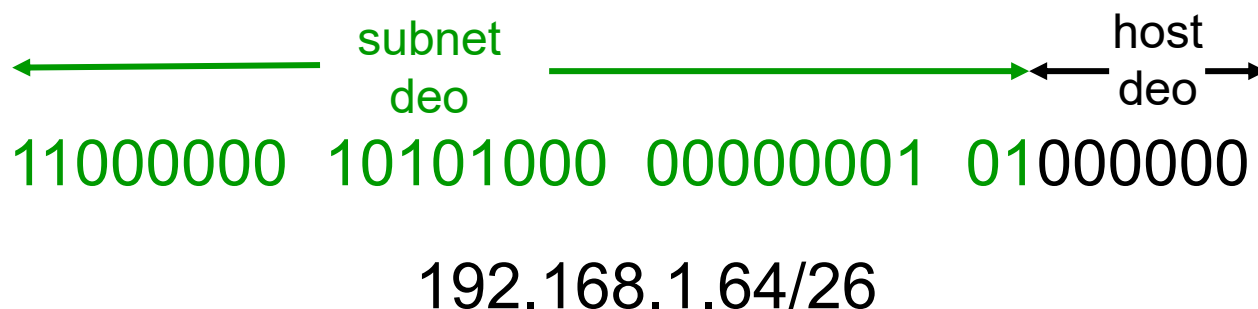
# Pet klasa IP adresa





# Besklasno IPv4 subnet-ovanje

- \* VLSM dozvoljava da mrežni deo adrese bude proizvoljne veličine (a ne na granicama bajta)
  - Mrežna adresa se ne može odrediti bez subnet maske
- \* Kod VLSM-a se bitovi najveće težine predviđeni za hostove u klasnim adresama "pozajmljuju" kako bi se mreža dodatno podelila na manje celine – subnet-e



# Primer sabnetovanja

## Class C network address 192.168.10.0

11000000.10101000.00001010.00000000

N . N . N . H

11000000.10101000.00001010.00000000

N . N . N . sN H

In this example three bits have been assigned to designate the subnet.

➤ 3 pozajmljena bita omogočavajo deljenje na  $2^3 - 2 = 6$  subneta

## Class B network address 147.10.0.0

10010011.00001010.00000000.00000000

N . N . H . H

10010011.00001010.00000000.00000000

N . N . sN H . H

In this example five bits have been assigned to designate the subnet.

➤ 5 pozajmljenih bitova omogočavajo deljenje na  $2^5 - 2 = 30$  subneta

## Class A network address 28.0.0.0

00011100.00000000.00000000.00000000

N . H . H . H

00011100.00000000.00000000.00000000

N . sN . sN H . H

In this example twelve bits have been assigned to designate the subnet.

➤ 12 pozajmljenih bitova omogočavajo  $2^{12} - 2 = 4094$  subneta

# Subnet maska

- \* Određuje broj bitova u mrežnom delu
- \* Binarni format:
  - 11111111 11111111 11111111 11000000
- \* Dekadni format
  - 255.255.255.192
- \* Prefiksni format
  - /26

Slash format	/25	/26	/27	/28	/29	/30	N/A	N/A
Mask	128	192	224	240	248	252	254	255
Bits borrowed	1	2	3	4	5	6	7	8
Value	128	64	32	16	8	4	2	1
Total Subnets		4	8	16	32	64		
Usable Subnets		2	6	14	30	62		
Total Hosts		64	32	16	8	4		
Usable Hosts		62	30	14	6	2		

# Određivanje mreže

- \* Na osnovu IP adrese i subnet maske, kod besklasnih adresa mreža se može odrediti AND operacijom
- \* Ruter koristi ovau operaciju kako bi odredio na koji interfejs treba proslediti paket

<b>Packet Address</b>	192.168.10.65	11000000.10101000.00001010.010 00001
<b>Subnet Mask</b>	255.255.255.224	11111111.11111111.11111111.111 00000
<b>Subnetwork Address</b>	192.168.10.64	11000000.10101000.00001010.010 00000

# Projektovanje adresne šeme

✱ Adresna šema se može projektovati kao:

- **Klasna šema,**

- uz poštovanje pravila o veličini mreža i broju hostova za opsege adresa mreža klase A, B i C
- Ovim se postiže **skromna ušteda IP adresa**, dovoljna za potrebe 80-tih godina prošlog veka, ali nedovoljna za današnje potrebe

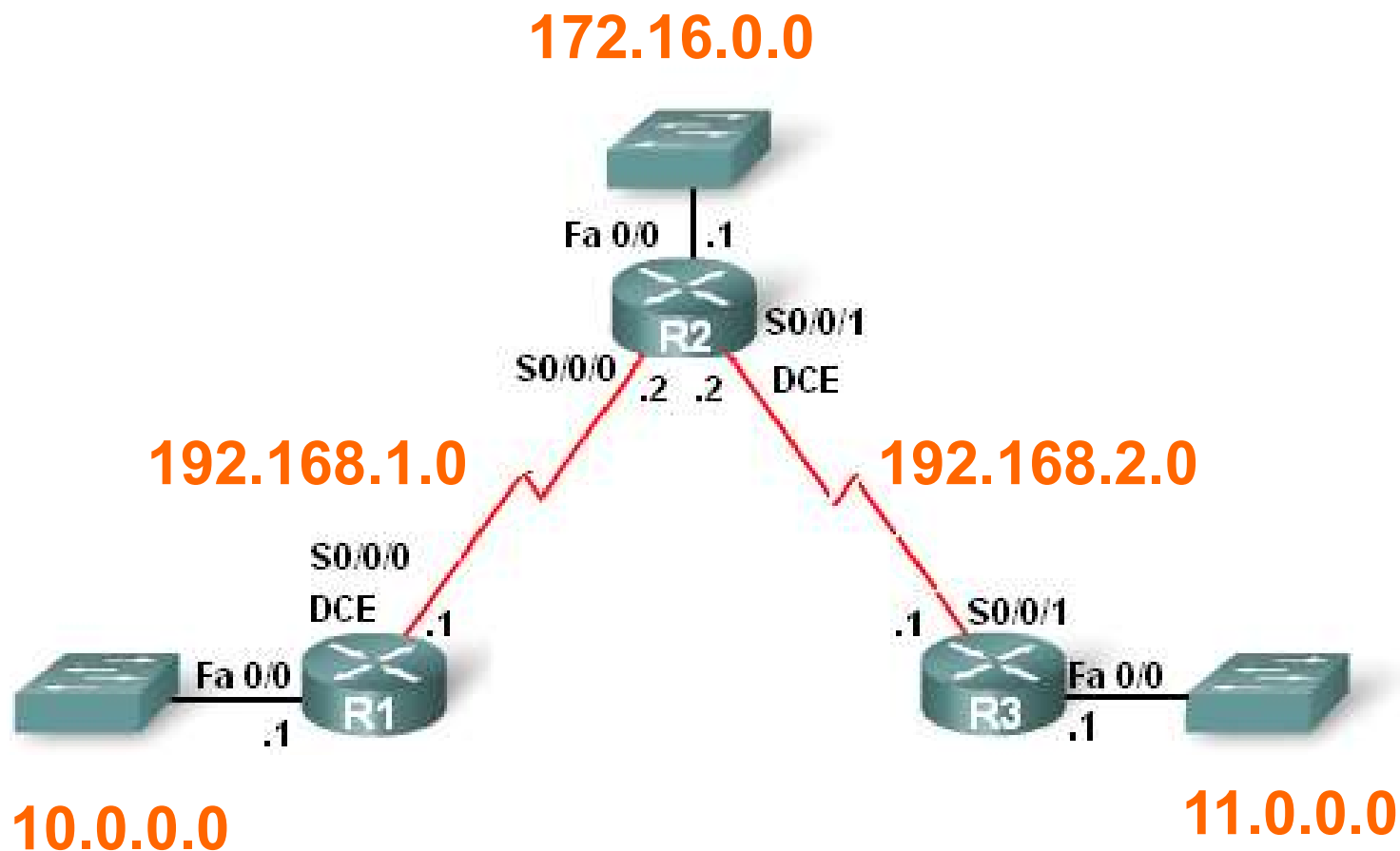
- **Beklasna sa fiksnom dužinom subnet maske**

- Sve mreže u okviru jednog administrativnog domena se projektuju tako da imaju istu subnet masku, manju od klasne
- Ovim se postiže **dobra ušteda IP adresa**

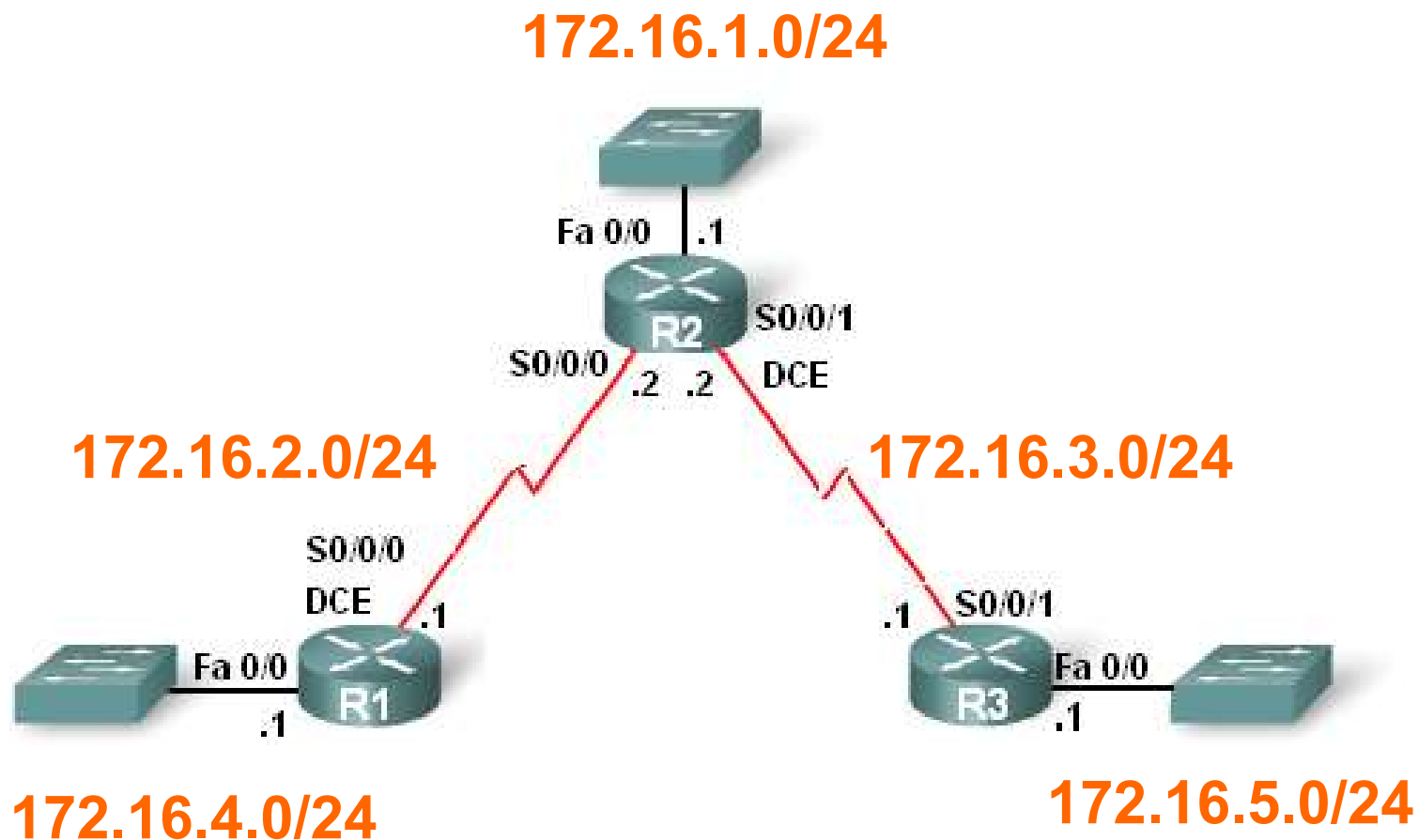
- **Beklasna sa promenljivom dužinom subnet maske (VLSM)**

- Sve mreže se projektuju tako da imaju subnet masku koja (savšeno) odgovara broju hostova na mreži
- Ovim se postiže **maksimalna ušteda IP adresa**

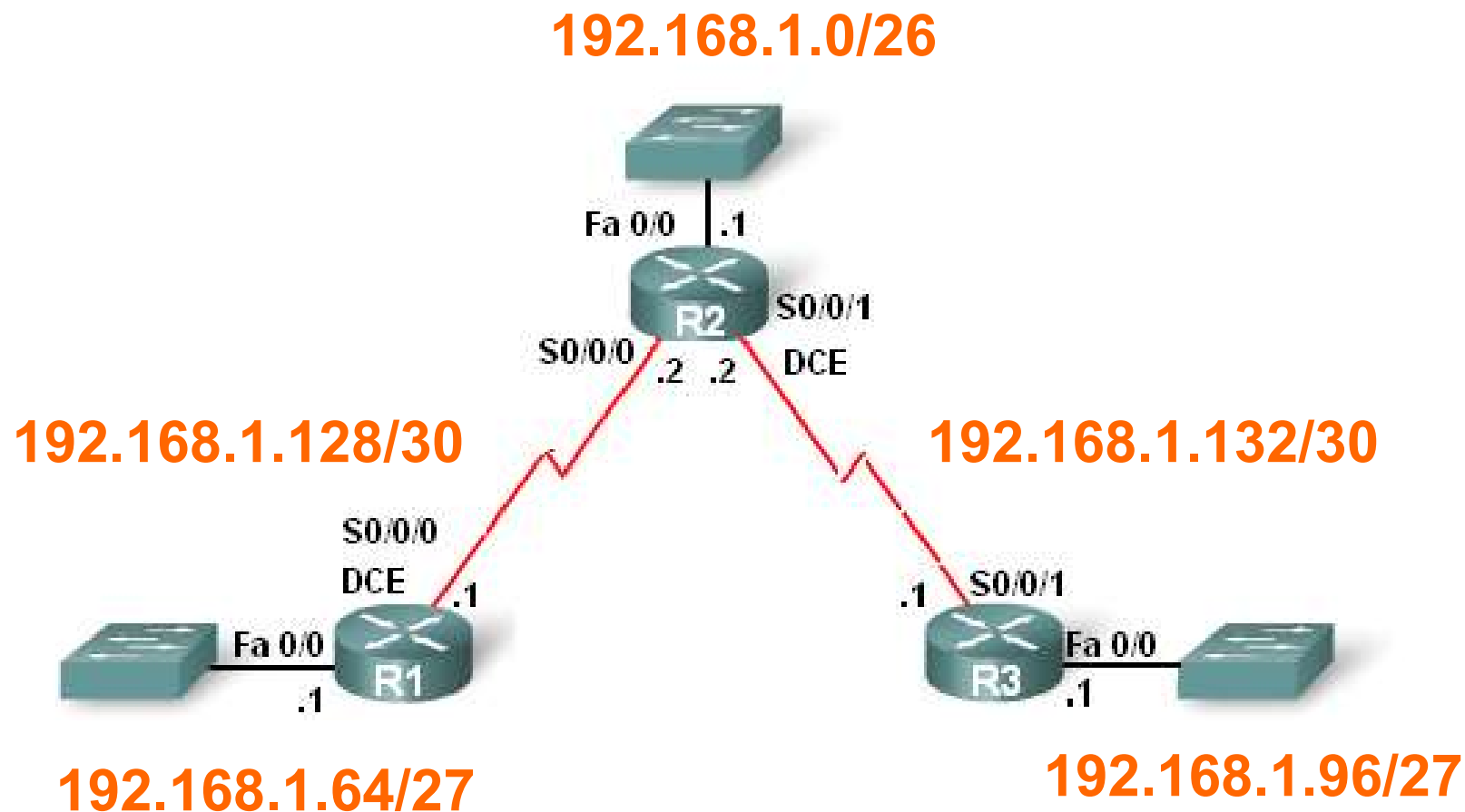
# Primer: **klasna adresna šema**



# Primer: **besklasna fiksna šema**



# Primer: **besklasna VLSM šema**





# Adresna šema i ruting protokoli

- \* Svaka tehnika projektovanja adresne šeme zahteva korišćenje odgovarajućih protokola za rutiranje
- \* Klasna adresna šema **ne zahteva** da ruting protokoli šalju subnet masku uz adresu mreže
- \* Besklasne adresne šeme **zahtevaju** da ruting protokoli šalju subnet maske uz adrese mreža

# **KLASNO I BESKLASNO RUTIRANJE**

# Besklasno rutiranje

- \* Ako je adresna šema mreže projektovana po VLSM principu, u routing update-ima koje ruteri razmenjuju pored adrese mreže **neophodna je i subnet maska**
- \* Ovakvi routing protokoli koji uključuju i subnet masku nazivaju se Classless Routing Protokoli, a proces rutiranja Classless Inter-Domain Routing (**CIDR**)
- \* Zbog neracionalnog trošenja IP adresa
  - Internet Engineering Task Force (IETF) je uveo Classless Inter-Domain Routing (CIDR)
    - CIDR može da rutira mreže ako je adresna šema projektovana po Variable Length Subnet Masking (VLSM) principu, da bi se maksimalno iskoristile IP adrese koje su na raspolaganju
      - VLSM je drugim rečima sabnetovanje sabneta

# Klasni i besklasni ruting protokoli

## \* Klasni

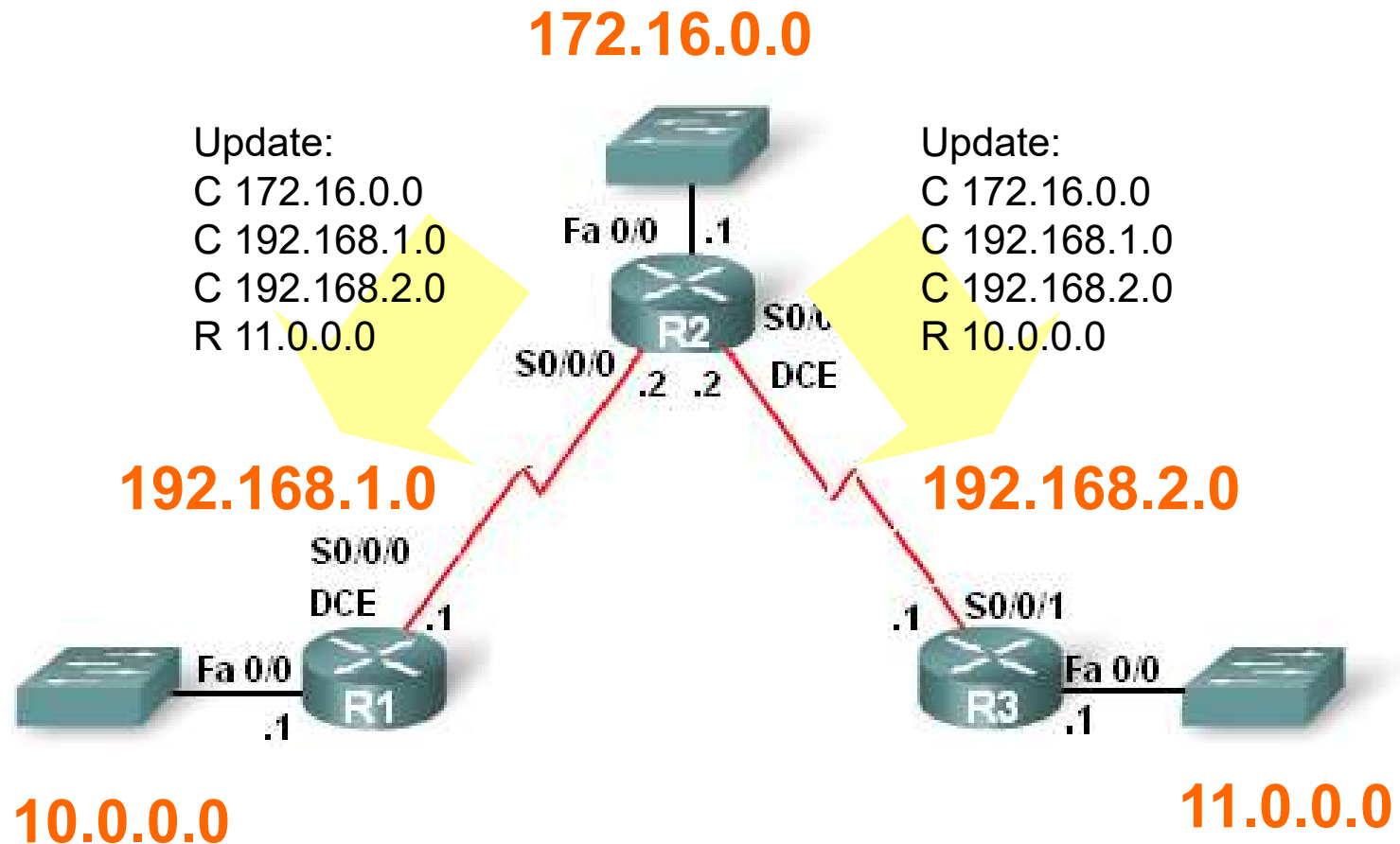
- RIPv1
- IGRP

## \* Besklasni

- RIPv2
- EIGRP
- OSPF
- IS-IS

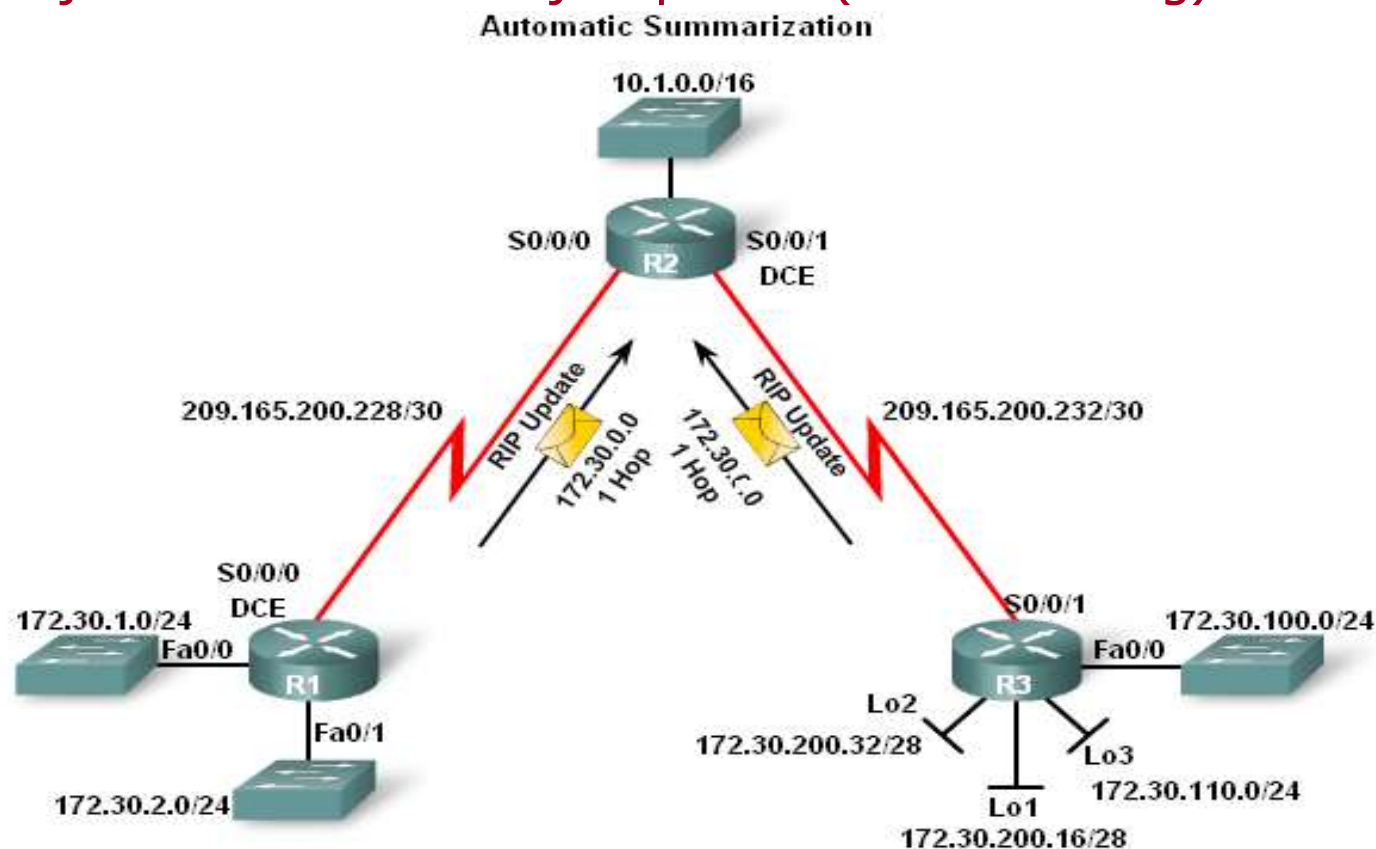
# Klasno rutiranje

## \* Primer RIPv1



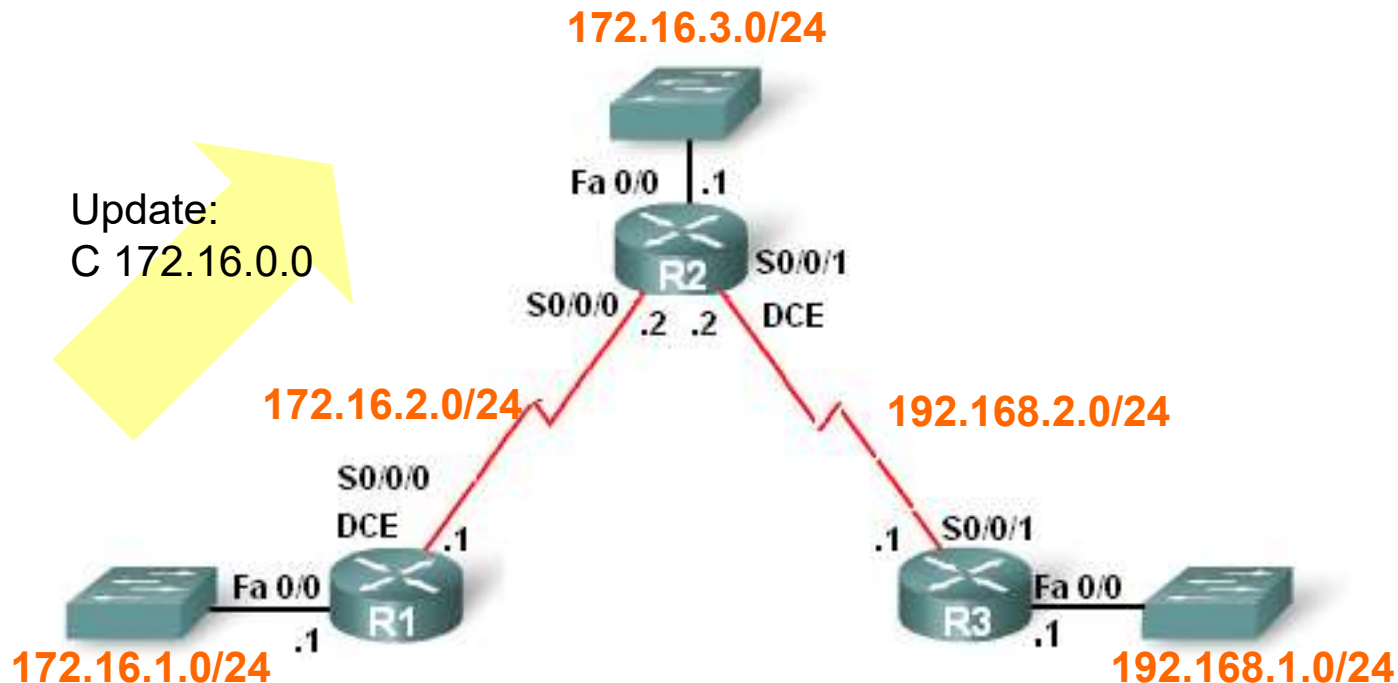
# Ograničenja klasnih protokola

- \* Klasni protokoli sumirizuju subnete na klasne granice pre slanja
- \* Ruter R2 će dobiti informacije o mreži 172.30.0.0/16 i od rutera R1 i od rutera R3
- \* Pošto su u ovom konkretnom slučaju metrike iste (1 hop na obe strane), R2 će instalirati obe rute u svoju ruting tabelu i vršiće balansiranje opterećenja naizmeničnim slanjem pakera (load balancing)



# Ograničenja klasnih protokola

- \* Bez određenih "softverskih zakrpa" na koji način bi klasni protokoli razmenili ruting informacije na mreži sa slike?
  - R1 bi sumarizovao rutu 172.16.1.0/24 i poslao bi je ka R2 kao 172.16.0.0 za koju se podrazumeva maska /16
  - R2 bi dobio update sa mrežom 172.16.0.0 i hopcount-om 1
  - R2 bi odbacio ovu informaciju kao nepotrebnu, jer on VEĆ IMA

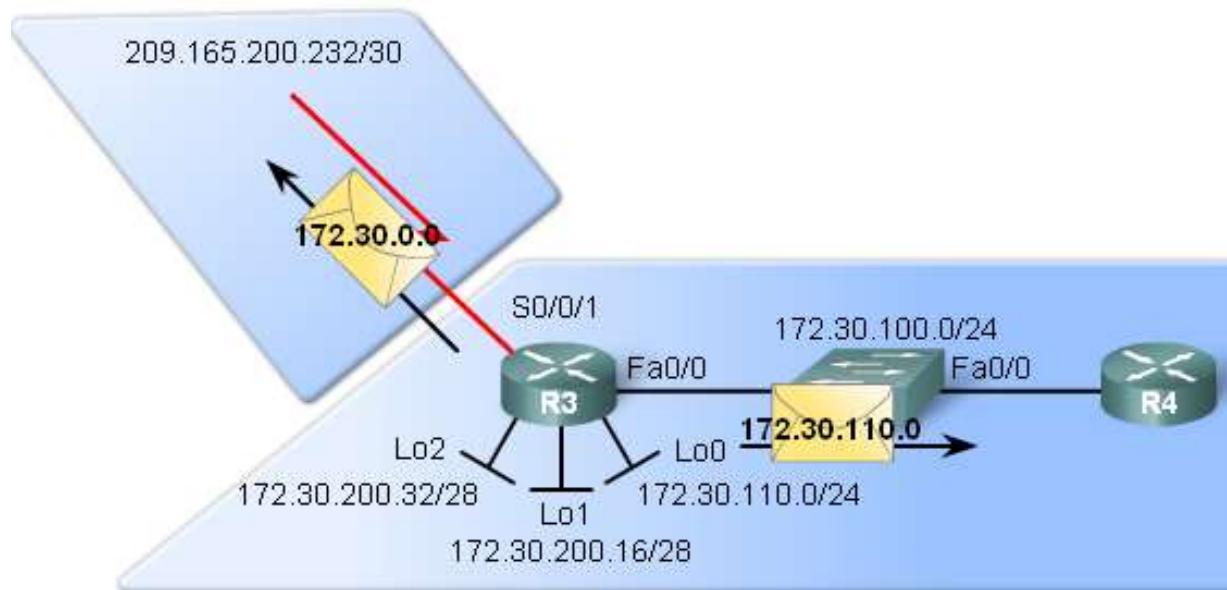


# Softverska "zakrpa" RIPv1 protokola

\* RIPv1 ima "softversku" zakrpu u vidu sledećeg (i jedinog) pravila:

- Ukoliko mreža preko koje se šalje
  - IMA ISTU SUBNET MASKU kao i mreža o kojoj se razmenjuju info
  - PRIPADA ISTOJ KLASNOJ MREŽI
- mreža se šalje bez subnet maske (jer i dalje nema podršku), ali bez sumarizovanja na klasnu granicu

RIPv1 Updates Do Not Support VLSM

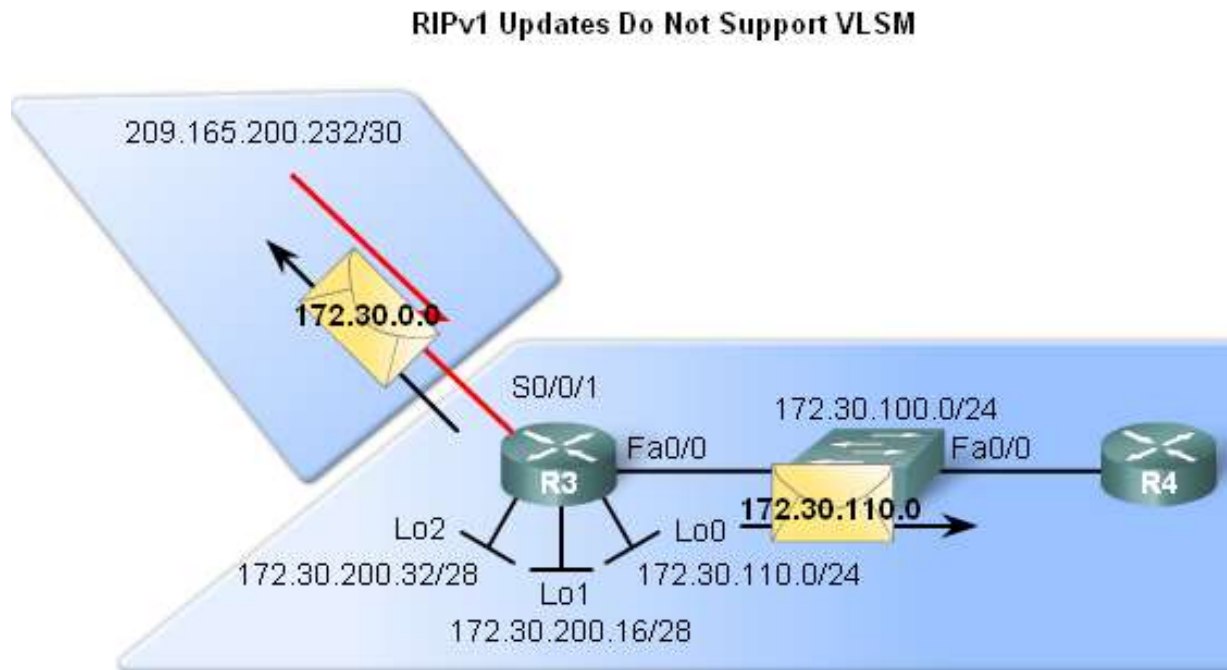




# Softverska "zakrpa" RIPv1 protokola

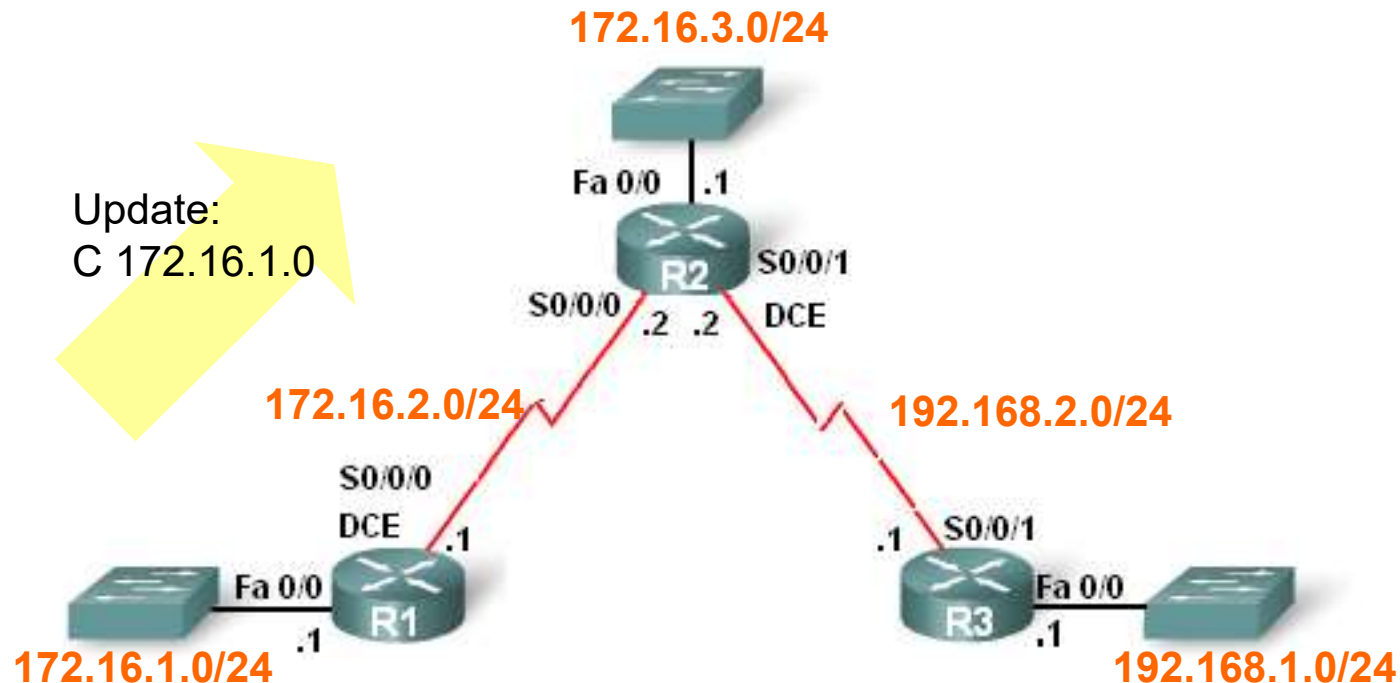
## \* Ideja RIPv1 "softverske" zakrpe:

- Ako odredište dobije informacije o mreži koja nije na klasnoj granici, znaće da je izvorište "primenilo" pomenuto pravilo
- U tom slučaju:
  - za subnet masku mreže se usima subnet maska interfejsa na koji je update došao!!!



# Primer RIPv1 protokola sa subnetima

- \* Na ovoj mreži RIPv1 radi bez problema, iako je mreža subnetovana!
  - R2 "vidi da nešto nije u redu" sa paketom, jer nije na klasnoj granici
  - Pošto nema subnet masku u paketu zaključuje da je R1 primenio "pravilo".
  - Pošto izlazni interfejs R1 i dolazni u R2 mora da imaju istu subnet masku, a R1 je primenio pravilo, **R2 zaključuje** da je subnet maska ista kao na njegovom interfejsu S0/0/0, t.j. da je /24



# Mreže sa i bez diskontinuiteta

\* Kaže se da mreža nema diskontinuitet ako je adresna šema takva da su sve subnetovane mreže iz jedne klasne mreže **susedne i sa istom subnet maskom**

## \* RIPv1

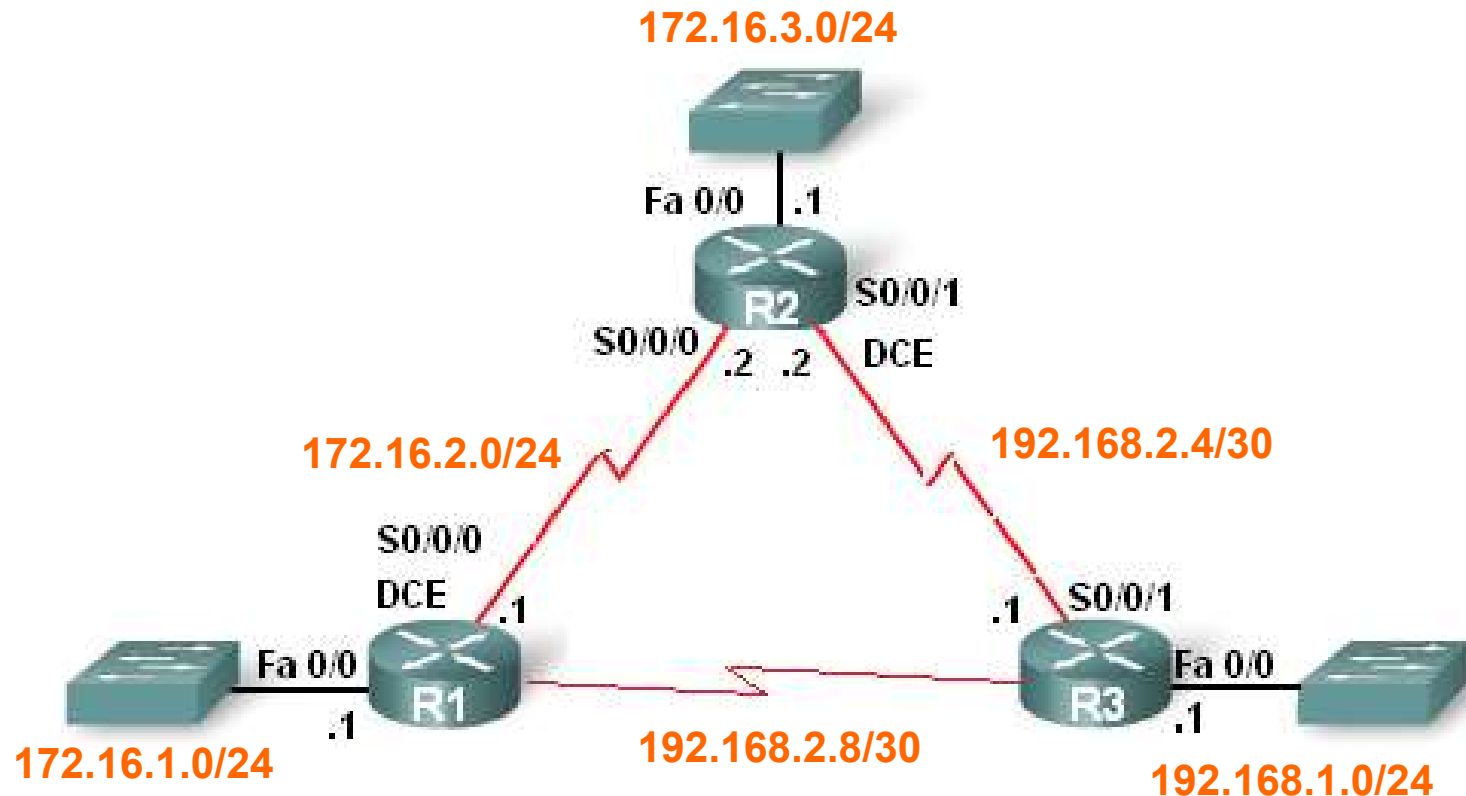
- Radi na mrežama bez diskontinuiteta u adresnoj šemi
- Ne radi na mrežama sa diskontinuitetom

## \* Zaključak:

- Kod projektovanja adresne šeme, pored toga da li je subnetovanje izvršeno sa fiksnom maskom ili VLSM, u slučaju fiksne maske **bitan je i fizički raspored adresa mreža**

# Primer

- \* Kakva je mreža na slici, sa diskontinuitetom ili bez diskontinuiteta?



# Razlike između RIPv1 i RIPv2

## \* RIPv1

- Klasni distance-vektor ruting protokol
- **Ne podržava diskontinuitete** na mreži (!!!)
- Ne podržava VLSM
- Ne šalje subnet masku uz mrežu u updateima
- Ruting informacije između rutera se brotkastuju
  - na adresu 255.255.255.255

## \* RIPv2

- Besklasni distance-vektor ruting protokol
- Podržava VLSM i diskontinuitete
- Šalje subnet masku uz mrežu u updateima
- Ruting informacije između rutera se multikastuju
  - na adresu 224.0.0.9

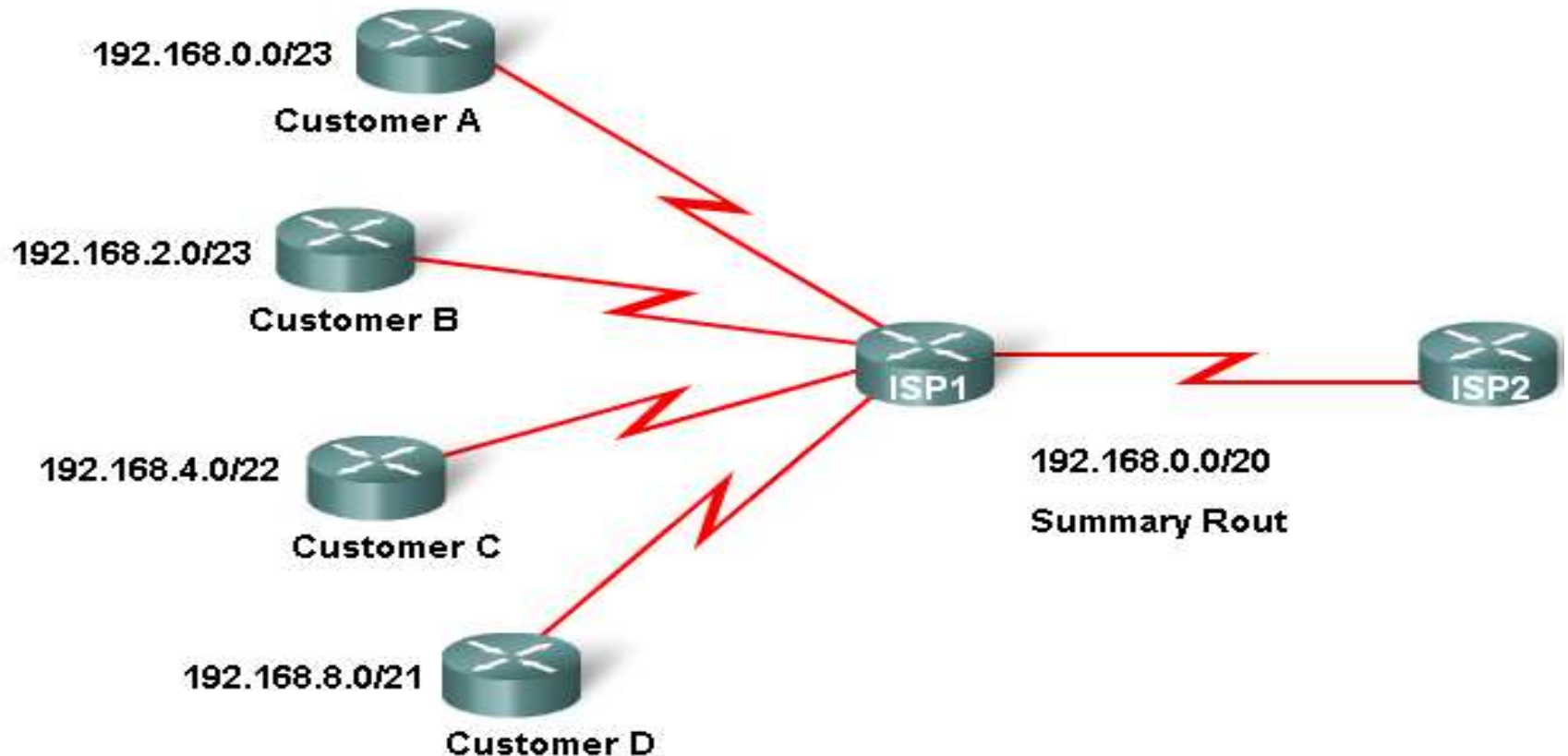
# Sumarizacija mreže

## \* Klasni ruting protokoli imaju podršku za sumarizaciju ruta na klasnoj granici

- Ako je uključena, sumarizacija se vrši automatski
- Sumarne rute se šalju samo preko interfejsa koji ne pripadaju istoj klasnoj mreži kao i mreža koja se šalje
- Kod nekih ruting protokola je sumarizacija podrazumevano uključena, kod nekih je isključena
- Ako je sumarizacija uključena, efekti su isti kao i kod klasnih ruting protokola – mreže sa diskontinuitetom nisu podržane

# Sumarizacija mreže (supernets)

- \* Besklasni ruting protokoli imaju podršku za dodatno smanjivanje ruting tabela preko klasne granice
  - Ovakva sumarizacija se isključivo vrši statički od strane administratora, posebnim naredbama za sumarizaciju



# IPV6



# IPv6 protokol

- \* IPv6 je razvijen 1998. godine od strane IETF-a.
- \* Definisan je kako bi zamenio IPv4 protokol.
- \* IETF je uočio problem iskorišćenosti IPv4 adresnog prostora i predložio je dva privremena rešenja:
  - CIDR (eng. *Classless Internet Domain Router*), i
  - NAT.
- \* IPv6 protokol se zasniva na nedostacima IPv4 protokola.
- \* U odnosu na IPv4, IPv6 ima:
  - uprošćeno zaglavlje IPv6 paketa,
  - veći adresni prostor,
  - efikasnije rutiranje,
  - ugrađenu podršku za bezbednost podataka, i
  - bolji kvalitet servisa (QoS)

# Šta se desilo sa IPv5?

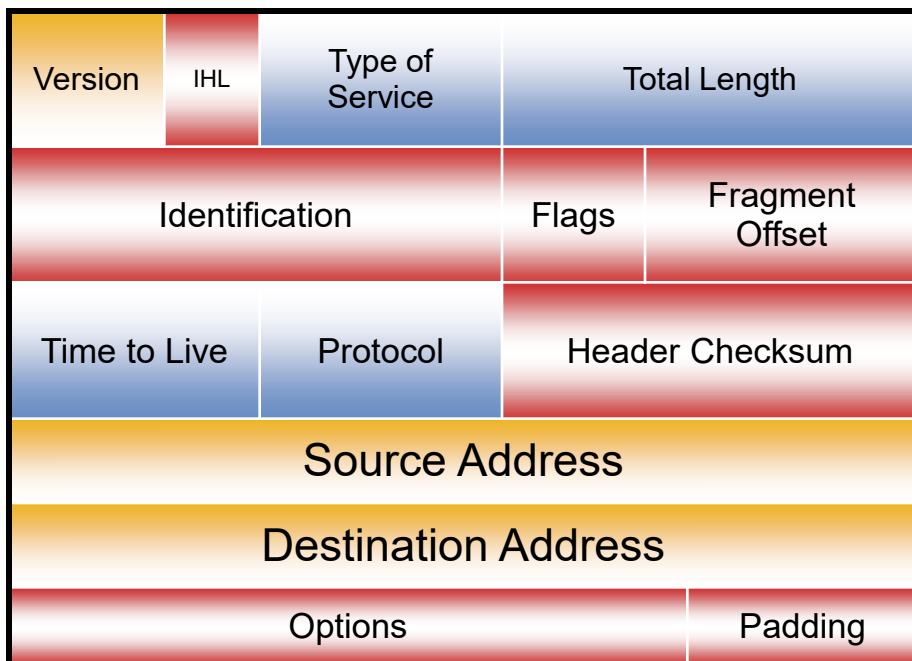
0	IP	March 1977 version	(zastarelo)
1	IP	January 1978 version	(zastarelo)
2	IP	February 1978 version A	(zastarelo)
3	IP	February 1978 version B	(zastarelo)
<b>4</b>	<b>IPv4</b>	<b>September 1981 version (trenutno najzastupljenije)</b>	
5	ST (IPv5)	Stream Transport	(stream protokol, malo u upotrebi)
<b>6</b>	<b>IPv6</b>	<b>December 1998 version (RFC 2460)</b>	

# IPv6 adresni prostor

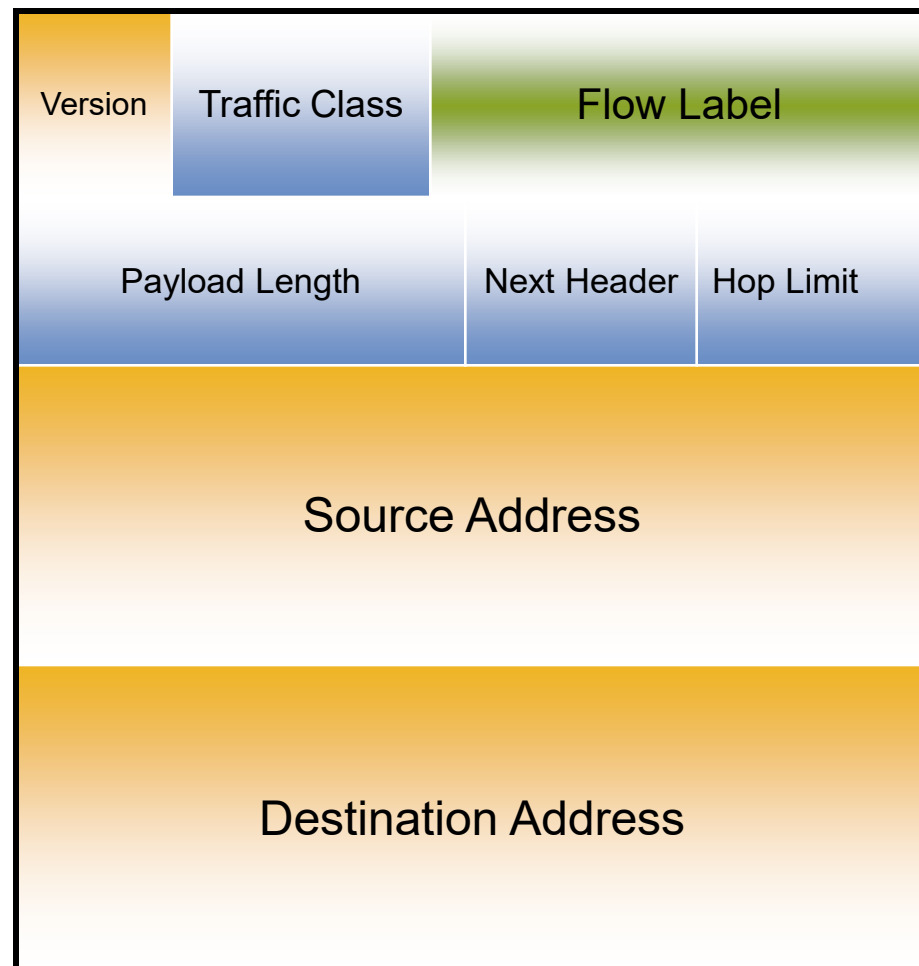
- \* IPv6 адреса има 128 bitova, odnosno 16 bajtova.
- \* IPv6 adresni prostor ima  $2^{128}$  različitih IP adresa.
- \* Primer:
  - Pošto je površina Zemlje oko  $5.1 \times 10^{14}$  kvadratnih metara, može se zaključiti da postoje  $6.67 \times 10^{23}$  adresa po metru kvadratnom.

# Poređenje IPv4 i IPv6 zaglavlja





## ➤ IPv4 Header



## ➤ IPv6 Header



Legend

-  - field's name kept from IPv4 to IPv6
-  - fields not kept in IPv6
-  - Name & position changed in IPv6
-  - New field in IPv6

# IPv6 adresa i zapis IPv6 adrese

- \* IPv6 adresa se uglavnom zapisuju kao 8 grupa od po 16 bitova.
- \* Svaka grupa može da se napiše kao 4 heksadecimane cifre, a grupe se međusobno odvajaju dvotačkama.

## \* Primer IPv6 adrese:

2001:0DB8:0000:0000:0000:8A2E:0840:7334

## \* Primer **skraćivanja zapisa** IPv6 adrese:

### ● Inicijalna adresa:

2001:0DB8:0000:0000:0000:8A2E:0840:7334

### ● IPv6 adresa nakon uklanjanja vodećih nula:

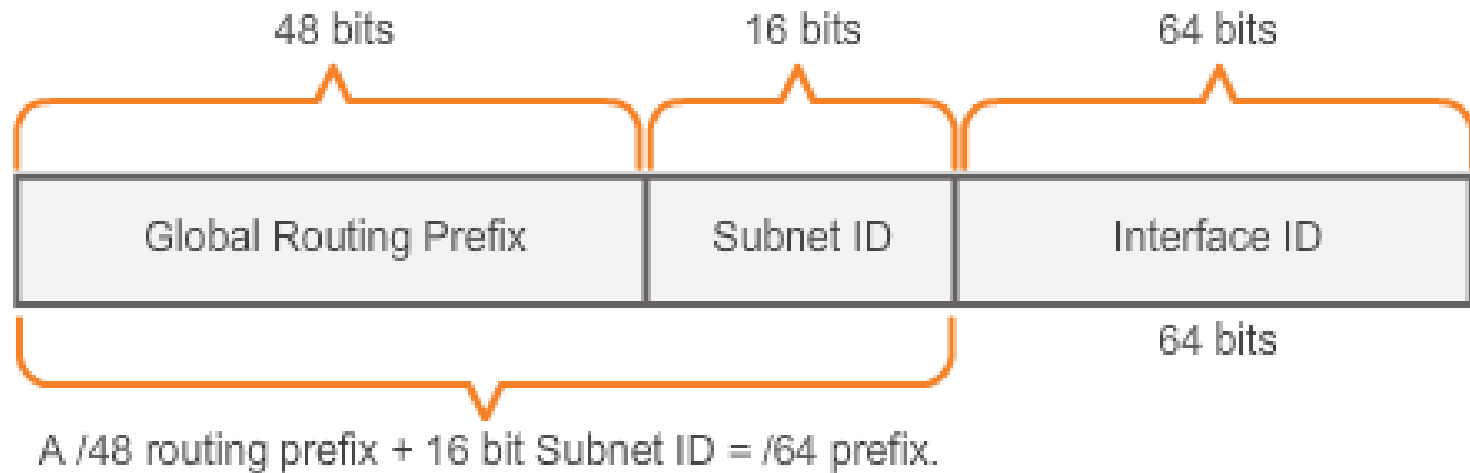
2001:DB8:0:0:0:8A2E:840:7334

### ● IPv6 adresa nakon uklanjanja niza uzastopnih nula:

2001:DB8::8A2E:840:7334

# IPv6 *subnetting*

- \* IPv6 *subnet*-ovanje radi na istom principu kao i mrežna maska promenljive dužine kod IPv4.
- \* Primer IPv6 adrese sa prefiksom:
  - 2001:DB8::8A2E:840:7334/64



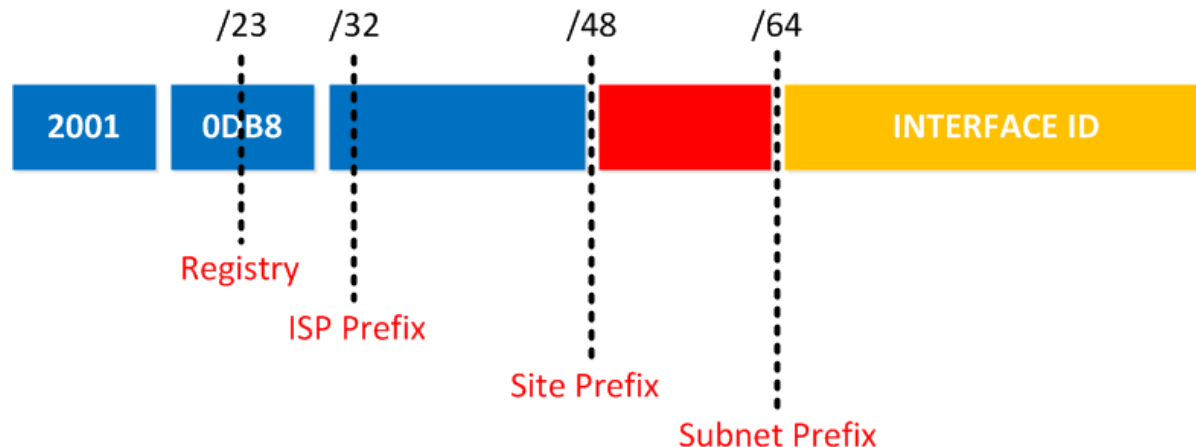
# IPv6 adresa

\* IPv6 adrese su sastavljene od dva logička dela:

- mrežnog i
- host dela.

\* Mrežni deo čine 4 nivoa hierarhije:

- 23 bita internet registra
- 9 bitova za osnaku provajdera u registru (od 24 do 32)
- 16 bitova koje provajder dodeljuje klijentu (od 33 do 48)
- 16 bitova koje klijent može koristiti za svoje mreže (od 49 do 64)



# Tipovi IPv6 adresa

## \* Unicast

### ● Global unicast address

- Kao “javne” adrese kod IPv4, za sada se koriste samo adrese koje počinju sa 001 binarno. Posmartano kroz prvu hekša cifru, na početku je uvek 0010, što je 2 (npr. **2001::DB8::ACAD::1**).

### ● Link-local unicast address (adrese sa prefiksom: **FE80::/10**)

- Validne samo na jednom interfejsu. Jedan ruter može imati istu adresu na različitim (svojim) interfejsima, jer nemaju smisla “van” tog interfejsa (ne rutira ih ruter čak ni među svojim interfejsima).

### ● Site-local unicast address (adrese sa prefiksom **FEC0::/10**)

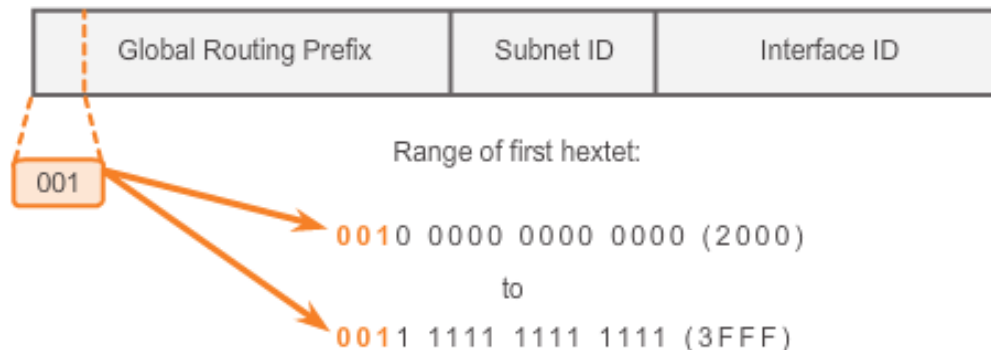
- Slično kao privatne IPv4 adrese

### ● Specijalne IPv6 adrese:

- Unspecified (**::/128**)
- Loopback adresa (**::1**)

## \* Anycast

## \* Multicast

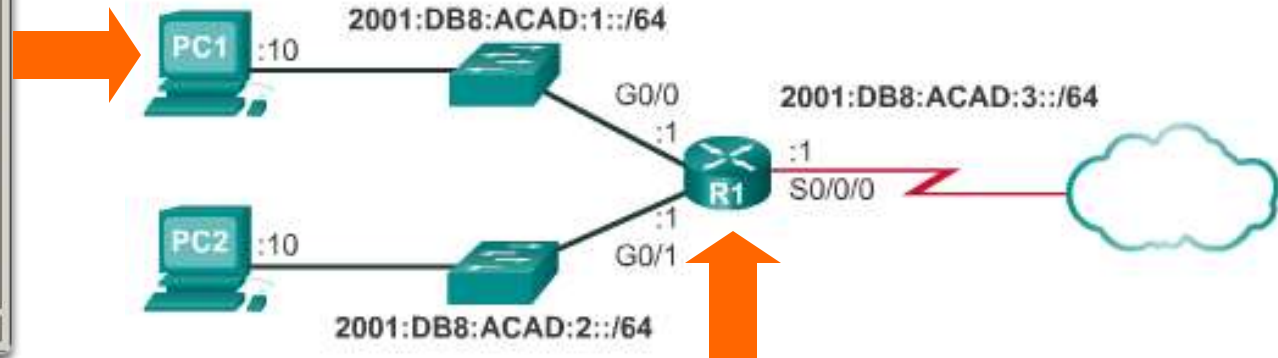
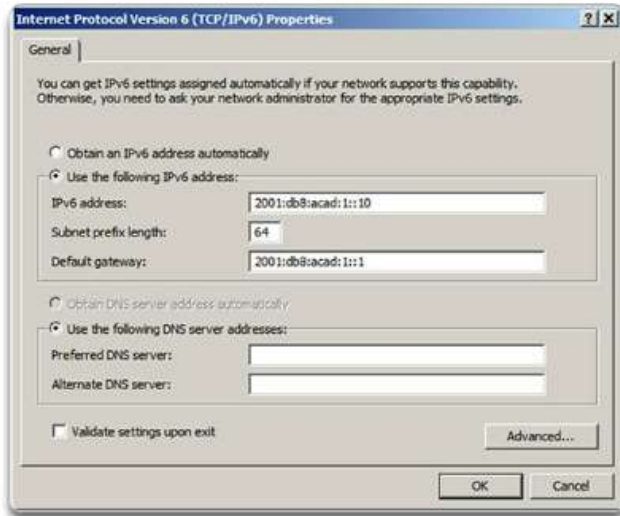




# Rutiranje paketa na IPv6 mreži

- \* Statičko rutiranje
- \* Dinamičko rutiranje
  - RIPng
  - EIGRPv6
  - OSPFv3

# Primer podešavanja IPv6 mreže



```
R1(config)#interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface gigabitethernet 0/1
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:2::1/64
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface serial 0/0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:3::1/64
R1(config-if)#clock rate 56000
R1(config-if)#no shutdown
```

# Uvođenje IPv6 sa postojećim IPv4

\* Najčešće korišćene tehnike za tranziciju između IPv4 i IPv6 su:

- Dual stack

- Kod ova tehnike jedan uređaj istovremeno na istom interfejsu ima i IPv4 adresu i IPv6 adresu, a kom će se protokolu proslediti podaci odlučuje se na osnovu odgovarajućeg polja u frejmu sa 2. nivoa OSI modela

- Tehnike tunelovanja

\* Tehniku tunelovanja čine tri komponente:

- Ulazna tačka tunela
- Izlazna tačka tunela
- Protokol za upravljanje tunelom

