

## 7. Protokoli rutiranja

Sadržaj poglavlja

7.1. Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

7.2. RIP i EIGRP

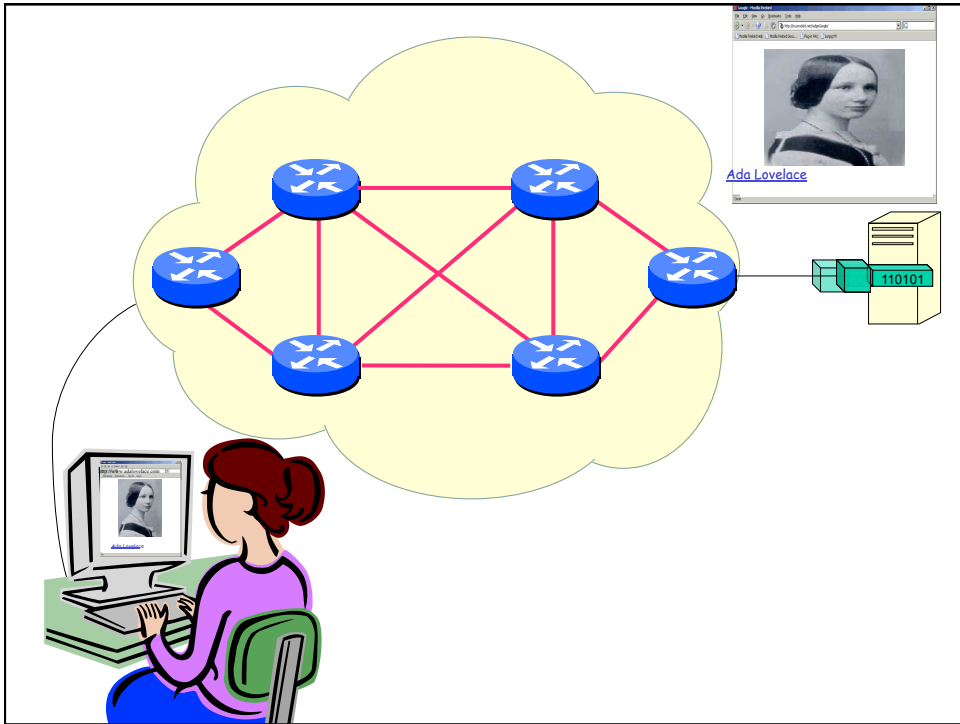
7.3. OSPF i IS-IS

7.4. BGP

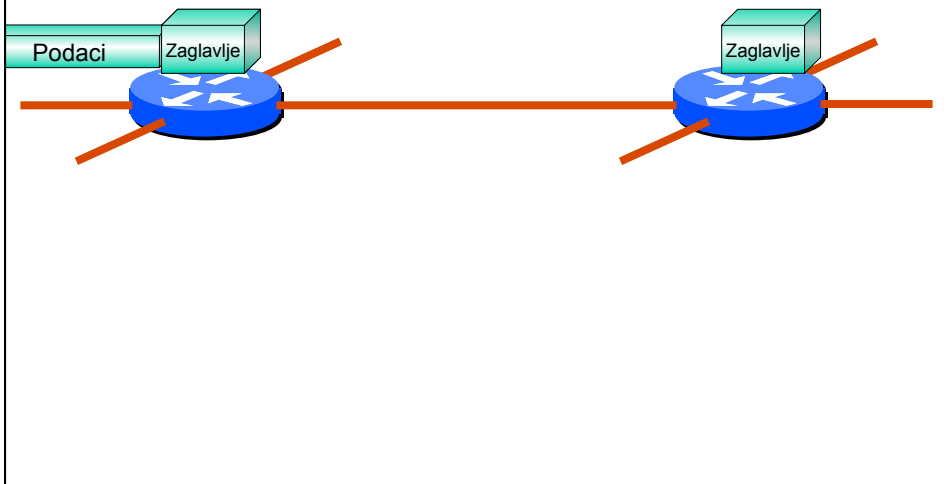
## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

### Rutiranje

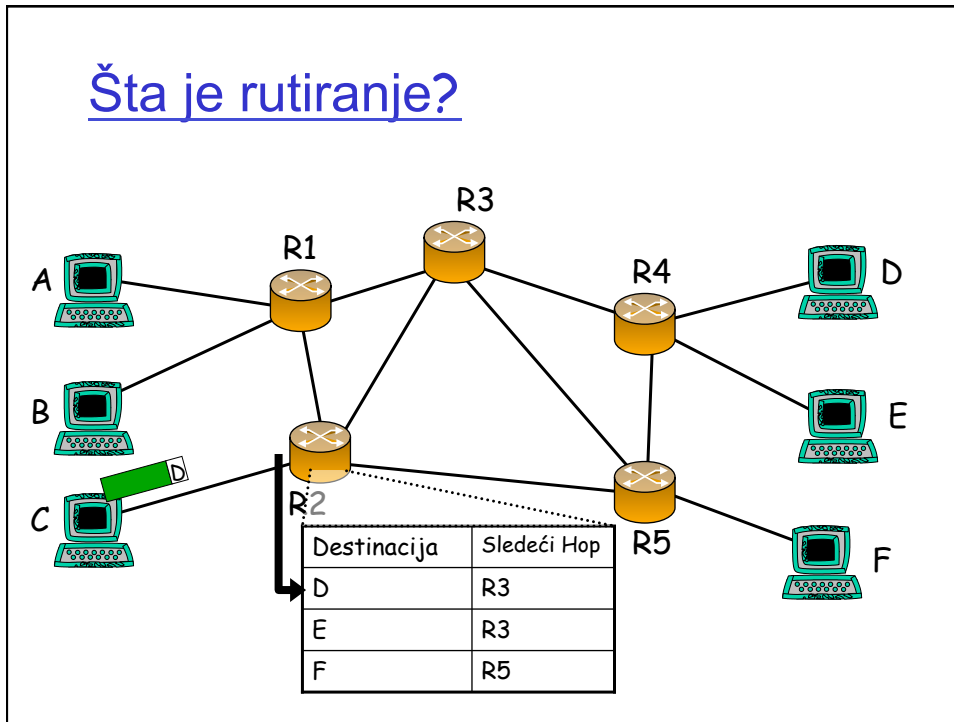
- ❑ Proces prosleđivanja datagrama od jednog do drugog rutera sa ciljem prenosa datagrama do odredišne mreže
- ❑ Rutiranje se obavlja u ruterima na osnovu tabele rutiranja koja predstavlja bazu podataka o dostupnosti pojedinih mreža
- ❑ Tabele rutiranja ažuriraju mrežni administratori (statičko rutiranje) ili protokoli rutiranja (dinamičko rutiranje)
- ❑ I računar ima svoju tabelu rutiranja (MS-DOS komanda route print)



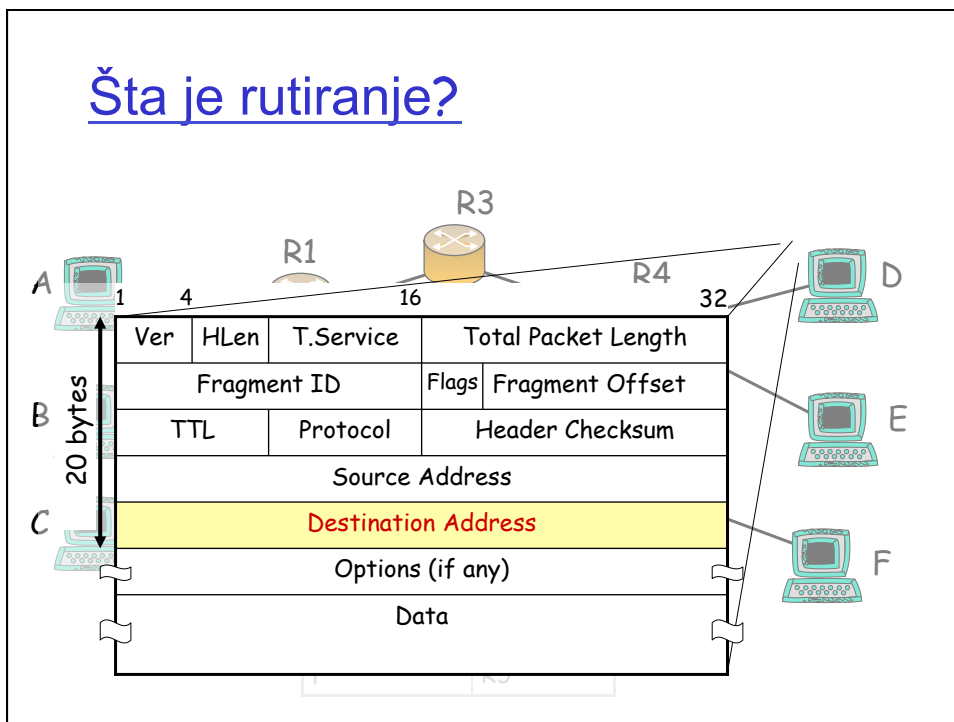
## Ruteri obrađuju zaglavlja



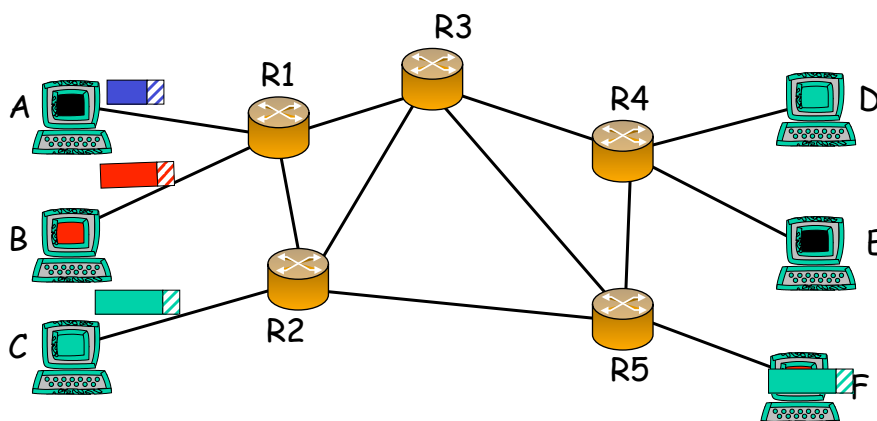
## Šta je rutiranje?



## Šta je rutiranje?



## Šta je rutiranje?



## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

### Rutiranje (koraci)

- Dekapsulacija (izdvajanje) IP datagrama iz frejma (npr. *Ethernet* frejma).
- Analiza ispravnosti zaglavlja IP datagrama na osnovu kontrolne sume.
- Analiza polja opcija IP datagrama
- Izdvajanje odredišne adrese iz IP datagrama (npr. 89.188.32.44)
- Donošenje odluke o daljoj putanji datagrama na osnovu odredišne adrese i tabele rutiranja.
- Ako je odredište sam ruter, dalju obradu datagrama vrši operativni sistem rutera.

## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

### Rutiranje (koraci)

- ❑ Ako je određite van rutera, po potrebi se vrši fragmentacija datagrama radi prilagođavanja njegove dužine mrežnoj tehnologiji interfejsa na koji se upućuje.
- ❑ Donosi se odluka o izlaznom interfejsu na osnovu podataka u tabeli rutiranja.
- ❑ Datagram se potom prosleđuje na određeni interfejs rutera radi daljeg usmjeravanja kroz mrežu ka sledećem čvoru

## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

### Rutiranje (koraci)

- ❑ Provjera *access* liste na ruteru/interfejsu kako bi se utvrdilo da li datagram može da bude prosljeđen ili treba da bude odbačen.
- ❑ Ruter umanjuje vrednost TTL polja ( $TTL = TTL - 1$ ) pre njegovog prosleđivanja (ako je  $TTL = 0$  datagram se odbacuje).
- ❑ Na samom interfejsu pozivaju se funkcije *nivoa linka*, datagram se enkapsulira u *frejm* i dalje prenosi korišćenjem odgovarajućeg protokola (*Ethernet*, *PPP*, *HDL*C ...)
- ❑ određuje se *MAC* adresa za enkapsulaciju IP datagrama.



Podaci

Zaglavlje

01000111100010101001110100011001



1. Internet adresa
2. "Starost" paketa
3. Checksum-a za zaštitu zaglavlja



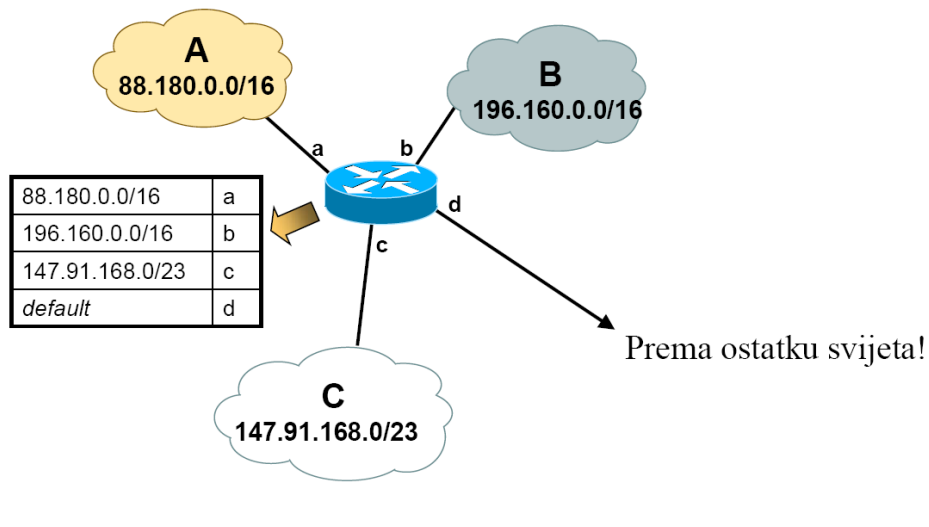
"Lookup" internet adrese

Provjera i update "starosti"

Provjera i update checksum-e

## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

### Rutiranje (nastavak)



## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

### Rutiranje (analiza tabele rutiranja)

- Tabela rutiranja se analizira prije prosleđivanja datagrama
- Traži se interfejs kojem odgovara mrežni prefiks koji se najbolje poklapa sa destinacionom adresom
- Ako je data tabela rutiranja

<u>Destination</u>	<u>Next hop</u>	<u>Interface</u>
88.180.8.0 /21	88.180.254.9	Serial0
88.180.12.0 /22	88.180.254.13	Serial1
0.0.0.0 /0	88.180.250.1	Ethernet0

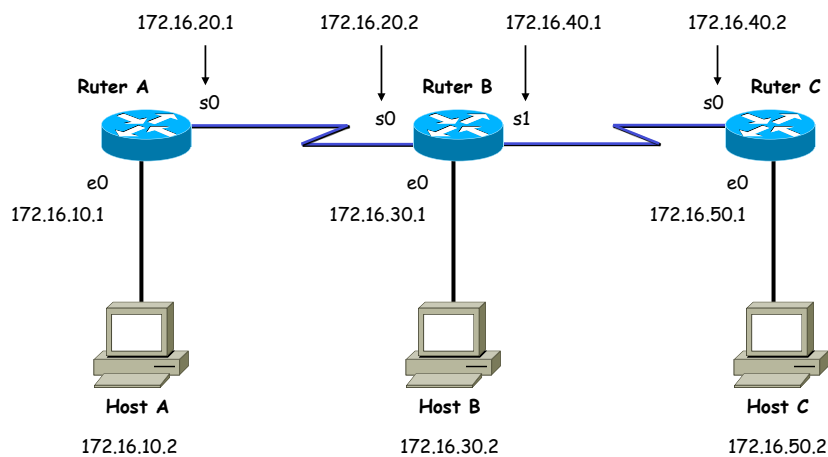
- Na koje interfejse će biti prosljeđeni datagrami sa odredišnim adresama: 88.180.9.1, 88.180.14.1, 88.180.1.1?

## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

### Statičko rutiranje

- ❑ Manuelna konfiguracija rutera
- ❑ Ruteri ne reaguju na promjene u mreži
- ❑ Kako su ove rute unidirekzione, moraju biti konfigurisane na svakom interfejsu što povlači problem skalabilnosti.
- ❑ Konfiguracija od strane čovjeka je nepouzdana.
- ❑ Nema generisanja dodatnog "nekorisnog" saobraćaja.
- ❑ Lakši za konfiguraciju od dinamičkog rutiranja
- ❑ Preporučuje se za *hub-and-spoke* topologije sa "sporim" konekcijama do udaljenih lokacija.
- ❑ Preporučuje se na granicama mreže (npr. Internet) gdje se ne razmjenjuju informacije rutiranja.

## Primjer statičkog rutiranja

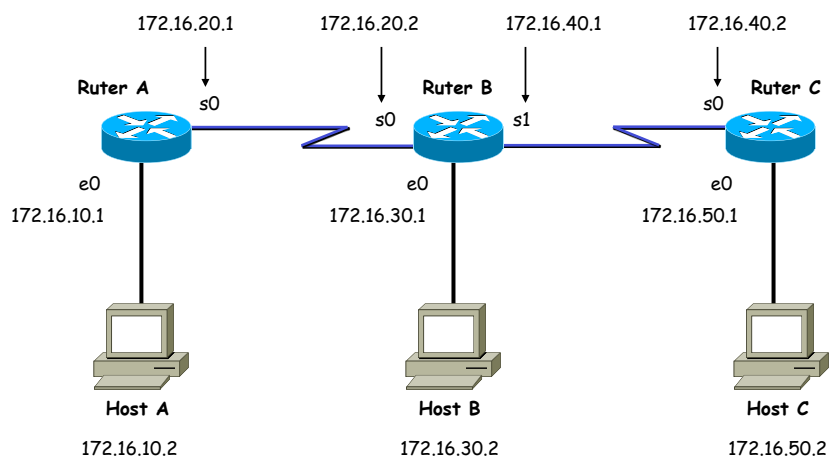


```
RuterA(config)#ip route 172.16.50.0 255.255.255.0 172.16.20.2
```

Šalje pakete namijenjene podmreži 172.16.50.0/24 na adresu 172.16.20.2 (Ruter B)



## Primjer default rutiranja



```
RouterA(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.20.2
```

Ako destinaciona adresa nije lokalna pošalji paket na 172.16.20.2 (Ruter B)

## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

### Dinamičko rutiranje

- Bazirano na protokolima rutiranja.
- Protokoli rutiranja reaguju nakon promjena u mreži
- Protokoli rutiranja koriste metrike za pronalaženje najpovoljnijih putanja.
- Metrika može biti jedan parametar (broj skokova) ili više parametara (kapacitet, cijena, kašnjenje, broj skokova, pouzdanost,.....)
- RIPv1 i RIPv2
- IGRP
- EIGRP
- OSPF
- IS-IS
- RIPng
- OSPFv3
- EIGRP za IPv6
- Border Gateway Protocol (BGP)

## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

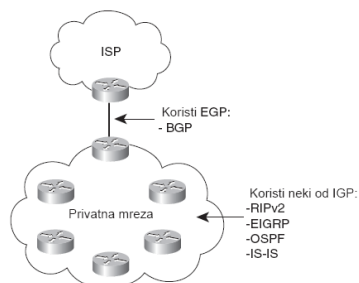
Karakteristike protokola rutiranja

- ❑ Interni ili eksterni
- ❑ Način učenja ruta (*Distance-vector, link-state, ili hibrid*)
- ❑ Classless ili classful adresiranje
- ❑ FLSM (Fixed-length) ili VLSM adresni plan
- ❑ Flat ili hijerarhijski adresni plan
- ❑ IPv4 ili IPv6 protokol

## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

Interni i eksterni protokoli rutiranja

- ❑ IGP (Interior Gateway Protocol) se koriste unutar jednog administrativnog domena (interne ili privatne mreže)
- ❑ EGP (Exterior Gateway Protocol) se koristi između različitih administrativnih domena.



## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

### *Distance vector* rutiranje

- ❑ Ruter nadzire tabele rutiranja koje sadrže poznate mreže, pravac (vektor) prema svakoj mreži, i rastojanje do svake mreže (broj hopova).
- ❑ Ruter periodično (npr. svakih 30s) šalje tabelu rutiranja ili njen update preko broadcast paketa do svih rutera na segmentu (svojih susjeda)
- ❑ Ruter ažurira tabelu rutiranja, ako je potrebno, na bazi primljenih *broadcast* paketa
- ❑ RIP<sub>1</sub>, RIP<sub>2</sub>, IGRP, EIGRP, BGP, ...

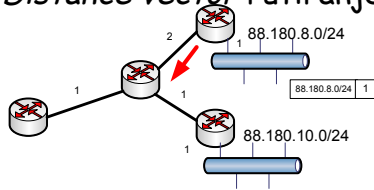
## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

### *Distance vector* rutiranje

- ❑ Bellman-Fordov algoritam
- ❑ Svaka *routing update* poruka sadrži vektor tipa (adresa, rastojanje).
- ❑ Ruter, koji primi update poruku, dodaje faktor rastojanja i šalje update dalje ka ostalim ruterima (osim rutera od koga je primio update).
- ❑ Da bi se izbjegle petlje u rutiranju, maksimalno dozvoljeno kumulativno rastojanje je limitirano (15 za RIPv1 i RIPv2). Ovo je ozbiljno ograničenje u velikim mrežama!
- ❑ Konvergencija je drugi veliki problem za *distance vector* protokole.

## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

### Distance vector rutiranje



## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

### Link state rutiranje

- Nema razmjene tabele rutiranja ili njihovih update, razmjenjuju se samo informacije o tome kako je ruter povezan.
- Ruteri šalju update samo kada se dese promjene
- Ruter koji detektuju promjenu kreira LSA (*link-state advertisement*) i šalje ih susjedima
- Susjedi prosleđuju promjenu svojim susjedima
- Ruteri ažuriraju svoju topološku bazu podataka, ako je to potrebno

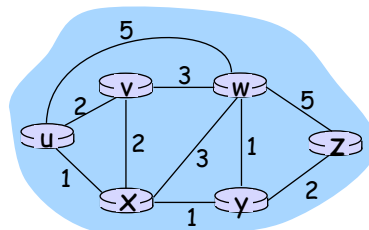
## Kriterijumi za izbor protokola rutiranja

Link state rutiranje

- ❑ OSPF, IS-IS, ...
- ❑ Dijkstra algoritam (algoritam *shortest path first*)
- ❑ Ruter šalje update poruku sa informacijom o stanju njegovih interfejsa, zajedno sa metrikom.
- ❑ Ruteri primaju update poruke i na osnovu njih formiraju graf sa topologijom mreže
- ❑ Ruteri računaju optimalnu putanju do odredišta pomoću formiranog grafa koji modeluje topologiju mreže.
- ❑ Zahtijeva rutere sa većim resursima (CPU i memorija) nego DV

## Dijkstra algoritam: primjer čvorište U

Korak	N'	D(v),p(v)	D(w),p(w)	D(x),p(x)	D(y),p(y)	D(z),p(z)
0	u	2,u	5,u	1,u	$\infty$	$\infty$
1	ux	2,u	4,x		2,x	$\infty$
2	uxy	2,u	3,y			4,y
3	uxyv		3,y			4,y
4	uxyvw					4,y
5	uxyvwz					



## Izbor između Distance-Vector i Link-State

### **Birati Distance-Vector za**

- Jednostavnu, flat topologiju
- Hub-and-spoke topologiju
- Mrežu čiji su administratori početnici
- Mrežu kod koje vrijeme konvergencije nije od velikog značaja

### **Birati Link-State za**

- Hijerarhijsku topologiju
- Mrežu čiji su mrežni administratori iskusni
- Mrežu gdje je brza konvergencija od kritične važnosti

## Dinamički IP protokoli rutiranja

### **Distance-Vector**

- Routing Information Protocol (RIP) Verzija 1 i 2
- Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)
- Enhanced IGRP
- Border Gateway Protocol (BGP)

### **Link-State**

- Open Shortest Path First (OSPF)
- Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS)

## Routing Information Protocol (RIPv1)

- ❑ Prvi standard za protokol rutiranja razvijen za TCP/IP okruženje
- ❑ RIPv1 je dokumentovana u RFC 1058 (1988)
- ❑ Broadcast-uje (IP broadcast) tabelu rutiranja svakih 30s; 25 ruta po paketu
- ❑ U slučaju izmjene odmah šalje broadcast
- ❑ Ako se neki ruter ne oglasi tokom 180s, smatra se da je otkazao i sve njegove rute se brišu
- ❑ Najčešće koristi jednu metriku rutiranja (broj hopova) za mjerenje rastojanja do destinacije; maksimalan broj hopova je 15 pri čemu se 16 koristi da označi beskonačnu vrijednost
- ❑ Distance vector (Bellman Ford)
- ❑ RIPv1 je classful protokol, pri čemu se za svaku destinaciju čuva samo jedna ruta
- ❑ UDP, port 520 (i za odredišni i za izvorišni port)
- ❑ IGP protokoli
- ❑ Split horizon with poison reverse za rješavanje problema brojanja do beskonačnosti!

## Prednosti i mane RIPv1

- Lak za konfiguraciju i otkrivanje grešaka
- Nema ograničenja po broju rutera u mreži
- Uređaji mogu da oslušuju oglašavanje, a da se sami ne oglašavaju (serveri).
  
- Generiše veliku količinu saobraćaja na mreži
- Spora konvergencija
- Loša sigurnost
- Classful adrese
- Nema load balancinga
- Ograničena maksimalna veličina mreže

## Routing Information Protocol (RIPv2)

- ❑ RIP Verzija 2 je dokumentovan u RFC 2453 (1998)
- ❑ Namijenjen je za uklanjanje nedostataka RIPv1
- ❑ Distance vector
- ❑ Classless adresiranje
- ❑ Isti format paketa
- ❑ Autentifikacija
- ❑ Za oglašavanje svakih 30s se koristi multicast (224.0.0.9) radi smanjenja obima saobraćaja
- ❑ Maksimalni broj hopova je 15, maksimalan broj ruta 25
- ❑ Uključuje subnet masku u update-ima ruta

## Prednosti i mane RIPv2

- Classless adresiranje
- Autentifikacija
- Multicast
  
- Ograničena maksimalna veličina mreže
- Slab mehanizam autentifikacije



## IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)

- ❑ classful
- ❑ 15-hop ograničenje u RIP-u
  - IGRP podržava 255 hopova
- ❑ Baziranje na jednoj metrici (broj hopova)
  - IGRP koristi kapacitet, kašnjenje, pouzdanost, opterećenje
  - (po defaultu koristi samo kapacitet i kašnjenje)
- ❑ RIP-ov 30s timer update
  - IGRP koristi 90s
- ❑ Triggered update, hold down timer, split horizon, poison reverse.

## EIGRP (Enhanced IGRP)

- ❑ Classless
- ❑ Brzo se prilagođava promjenama na mreži
- ❑ Update sadrži samo promjene, a ne čitave tabele rutiranja
- ❑ Update se šalju pouzdano i samo onim ruterima kojima je to potrebno
- ❑ Ruter prati tabele rutiranja svojih susjeda i koristi ih kao moguće sljedbenike
- ❑ Iste metrike kao IGRP, ali veća granularnost (32 bita u odnosu na 24 bita)

## Open Shortest Path First (OSPF)

- ❑ Otvoren standard definisan sa RFC2328
- ❑ Brzo se prilagođava promjenama
- ❑ Podržava vrlo velike mreže
- ❑ Ne koristi mnogo kapaciteta
- ❑ Link State algoritam (Dijkstra algoritam) koji se izvršava svakih 30 minuta
- ❑ Hello paketi se šalju svakih 10s
- ❑ Autentifikacija razmjene između protokola radi postizanja sigurnosnih ciljeva
- ❑ CIDR
- ❑ Metrika je težinski faktor putanje (cost)
- ❑ VLSM
- ❑ Load Balancing
- ❑ Oglašava samo izmjene
- ❑ Direktno koristi IP
- ❑ Update se šalju na multicast adrese 224.0.0.5 i 224.0.0.6

## OSPF Metrika

- ❑ Jedna bezdimenziona vrijednost koja se zove *cost*. Mrežni administrator dodjeljuje OSPF cost svakom interfejsu rutera. Što je manji cost, veća je vjerovatnoća da će interfejs biti izabran za prosleđivanje saobraćaja.
- ❑ Cost može imati vrijednost od 1 do 65535
- ❑ Na Cisco ruteru, cost interface po default-u je 100,000,000 podijeljeno sa kapacitetom interfejsa. Npr., Fast Ethernet interfejs ima težinski faktor jednak 1. Za veće kapacitete težinski faktor ima vrijednost 1.
- ❑ Zbog kapaciteta većih od 100Mb/s neki proizvođači koriste pri dijeljenju 1000,000,000 i više

## IS-IS

- ❑ Intermediate System-to-Intermediate System
- ❑ Alternativa za OSPF u kompanijskim mrežama
- ❑ Link-state protokol rutiranja
- ❑ Razvijen od strane ISO za OSI protokole ali je ipak definisan i u RFC 1142
- ❑ Integrisani (Dualni) IS-IS (RFC 1195) podržava i IP
- ❑ Najveća razlika u odnosu na OSPF leži u realizaciji hijerarhije
- ❑ Najčešće se primjenjuje u mrežama operatora

## Border Gateway Protocol (BGP)

- ❑ Exterior Gateway Protocol
- ❑ Verzija 4 (RFC1771)
- ❑ Dozvoljava da ruteri različitih autonomnih sistema razmjenjuju informacije rutiranja
  - Spoljašnji protokol rutiranja
  - Koristi se na Internetu između velikih ISP-ova i velikih kompanija
- ❑ Podržava bezklasno adresiranje i agregaciju ruta
- ❑ Glavna metrika je dužina liste brojeva autonomnog sistema, ali može podržavati rutiranje na bazi polisa
- ❑ TCP (port 179)
- ❑ BGP omogućava svakom AS:
  1. Dobijanje informacije o dostiznosti sa susjednih AS-ova.
  2. Prosleđivanje prethodne informacije svim ruterima u okviru AS.
  3. Utvrđivanje "dobre" rute do podmreža baziranih na informaciji o dostiznosti i politici.
- ❑ Dozvoljava podmreži oglašavanje svog prisustva ostatku Interneta: "Ovdje sam"
- ❑ De facto standard

## IPv6 protokoli rutiranja

- RIPng (next generation) za IPv6
  - RFC 2080
  - RIP mehanizmi ostaju isti (ograničenje broja hopova na 15, brojanje do beskonačno), i split horizon with poison reverse.
  - UDP po portu 521.
  - Podrška za IPv6 adrese i prefikse.
  - Multicast group FF02::9 za RIP update za sve RIP rutere.
- EIGRP
  - Cisco
  - EIGRP za IPv6 se konfigurira odvojeno od EIGRP za IPv4
  - Koristi multicast grupu FF02::A za update
- OSPFv3
  - RFC 2740
  - OSPF algoritmi i mehanizmi su identični (flooding, designated router [DR] election, areas, shortest path first [SPF] calculations).
  - Podrška za IPv6 adresiranje
  - multicast grupa FF02::5 za sve OSPF rutere i FF02::6 za sve designated rutere.

## IPv6 protokoli rutiranja

- IS-IS za IPv6
  - Draft IETF
  - Novi TLV (type, length, value) objekti, reachability TLV, TLV adresa interfejsa
- BGP4
  - RFC 2545
  - MP\_REACH\_NLRI (multiprotocol-reachable) atribut opisuje destinacije koje se mogu doseći. Uključuje next-hop adresu i listu Network Layer Reachability Information (NLRI) prefiksa mreža koje se mogu doseći.