



UNIVERZITET SINGIDUNUM

**-MASTER STUDIJSKI PROGRAM-
SAVREMENE INFORMACIONE TEHNOLOGIJE**

Optimizacija mrežnog saobraćaja u okviru jednog autonomnog sistema

-Master rad-

Mentor:

Prof. dr. Mladen Veinović

Student:

Marko Premović

Br. indeksa: 410118/2015

Kratak opis: Predmet ovog rada biće optimizacija mrežnog saobraćaja primenom statičkog i dinamičkog rutiranja na aktivnim mrežnim uređajima prilikom implementacije računarske mreže u okviru jednog autonomnog sistema. U prvom delu biće opisana podela rutiranja protokola. Ukratko će biti opisani rutiranja protokoli. Za svaki od opisanih protokola biće predstavljene prednosti i mane koje se javljaju prilikom rutiranja. Kroz praktičan primer biće predstavljen svaki pojedinačno, kao i računarska mreža uspostavljena putem istog. U drugom delu, na test platformi, biće prikazana optimizacija mrežnog saobraćaja za traženo rešenje. Na kraju, u zaključku rada biće predstavljena aktuelna rešenja koja se koriste i imaju za cilj optimizaciju mrežnog saobraćaja.

Ključne reči: rutiranje, dinamički protokoli, mrežni uređaji, računarska mreža, autonomni sistem, test platforma, optimizacija saobraćaja.

Short description: The subject of this work will be optimization of network traffic by using static and dynamic routing on active network devices that are used in the implementation of computer networks within a single autonomous system. In first part it will be described static and dynamic routing protocols. For each of the described protocols it will be presented the advantages and disadvantages that occur when routing. Through practical example will be presented individually, as well as computer network is established via the same. In the second part, the test platform, will be shown optimization of network traffic by choosing the best solution. At the end will be presented current solutions that are used and are intended to optimize network traffic.

Keywords: routing, dynamic protocols, network devices, computer network, an autonomous system, the test platform, optimization of traffic.

Sadržaj

Uvod.....	4
1. Rutiranje.....	5
1.1 Statičko rutiranje.....	6
1.2 Dinamičko rutiranje	6
1.2.1 Podela Dinamičkih ruting protokola	8
2. Opis u praksi najčešće korišćenih ruting protokola	15
2.1 Statičko rutiranje.....	15
2.2 RIPv2	17
2.3 EIGRP	22
2.4 OSPF	29
3. Optimizacija mrežnog saobraćaja u okviru jednog autonomnog sistema	33
3.1 Optimizacija statičkim rutiranjem.....	34
3.2 Optimizacija RIPv2 rutiranjem	39
3.3 Optimizacija EIGRP rutiranjem.....	41
3.4 Optimizacija OSPF rutiranjem	44
Zaključak	49
Literatura.....	50
Spisak slika	51

Uvod

Računarske mreže od samog početka (ARPANET¹) pa do danas prati rast i modernizacija. Porast broja korisnika, različiti zahtevi po pitanju pristupa udaljenim resursima, uslovljavaju promenu topologije računarskih mreža, poboljšanje protoka i neprekidnost u dostupnosti servisa koje mreža obezbeđuje. Ono što je težnja svih je da se uz što manju cenu održavanja iste obezbede što bolje performanse, tj. da odno cena-kvalitet bude što bolji. Funkcionisanje računarskih mreža podrazumeva interoperabilnost različitih tipova mrežnih uređaja. Jedan od najvažnijih aktivnih mrežnih uređaja u sklopu računarske mreže je ruter. Njegova uloga je da odredi najbolju putanju za paket koji prenosi.

Neki od aspekata koji prate kvalitet ostvarenog saobraćaja su: topologija računarske mreže, potrebe krajnjih korisnika, bezbednost, izbor mrežnih uređaja, dostupnost servisa koji se distribuiraju putem računarske mreže, itd. Od izbora mrežnih uređaja zavisi tip rutiranja koji će biti implementiran na ruterima.

Tema ovog rada je optimizacija mrežnog saobraćaja na nivou jednog autonomnog sistema analiziranjem funkcionisanja rada računarske mreže korišćenjem različitih ruting protokola. Svi primeri navedeni u ovom dokumentu odnose se prvenstveno na uređaje sa CISCO programskom sintaksom.

Optimizacija mrežnog saobraćaja moguća je ako se u obzir uzmu svi aspekti koji se odnose na kvalitetno funkcionisanje računarske mreže bez narušavanja željenog stanja.

U prvom delu rada biće obješnjena suština funkcionisanja ruting protokola i opisana njihova podela.

U drugom delu biće opisani u praksi najčeće korišćeni ruting protokoli u okviru jednog autonomnog sistema.

U trećem delu će na test modelu biti analizirani tipovi ruting prokola uz odabir najadekvatnijeg rešenja.

U završnom delu biće predstavljena optimizacija mrežnog saobraćaja izborom adekvatnog tipa rutiranja u odnosu na topologiju mreže u okviru jednog autonomnog sistema.

¹ **ARPANET** (*Advanced Research Projects Agency Network*) je prva računarska mreža na svetu čije se funkcionisanje baziralo na komutaciji paketa podataka. ARPANET se sastojala od malih računara pod imenom *Interface Message Processors* (**IMP**). Računari su skladištili i preusmeravali pakete podataka, i bili međusobno povezani [modemima](#) koji su komunicirali međusobno bit-serijskom vezom brzinom od 50 kb/s. Prva ARPANET veza uspostavljena je 29. oktobra 1969 između IMP-a na UCLA i SRI. Decembra 1969. Prva mreža imala je konfiguraciju od 4 računara koji su se nalazili u sledećim nezavisnim računarskim centrima u SAD:

- Kalifornijski univerzitet, Los Angeles - [UCLA](#)
- Stanford istraživački centar - [SRI](#)
- Kalifornijski univerzitet, Santa Barbara
- Univerzitet Jute

1. Rutiranje

Proces prenosa paketa pronalaženjem putanje od početne do krajnje destinacije naziva se rutiranje. Za proces rutiranja bitno je sledeće: Podatak o odredišnoj adresi, informacija o izvoru od kog dobijamo podatak o odredišnoj adresi, moguće rute, izbor najoptimalnije rute i provera informacija o rutiranju. Ruter kao aktivni mrežni uređaj prepoznaje direktno priključene mreže, ali da bi process rutiranja bio potpun, on mora imati informacije i o mrežama koje nisu direktno priključene.

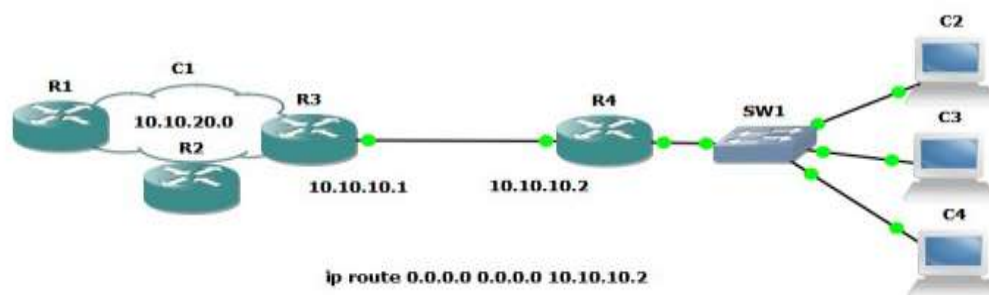
Na izbor tipa rutiranja utiču razni činioci. Ovo su neki od njih: topologija mreže, cena projekta, broj korisnika, dostupnost servisa, autonomnost, itd. Nakon izbora tipa rutiranja, nezavisno od toga o kom tipu se radi, neizbežno je da svaki od njih ima svoje i prednosti i mane.

Osnovna podela ruta mogla bi da glasi ovako:

- Direktne rute,
- Default rute,
- Statičke rute i
- Dinamičke rute.

Direktna ruta je ruta koja nastaje podizanjem serijskog ili Ethernet interfejsa na ruteru. Prilikom konfigurisanja *IP* adrese na odredjenom interfejsu rutera i nakon komande *no shutdown*, direktna ruta biće smeštena u tabelu rutiranja.

Default ruta se konfiguriše onda kada se nijedna ruta ne poklapa sa određenim paketima, a ne želimo da isti budu odbačeni. Paketi se konfigurisanjem default rute usmere prema određenom nterfejsu, tako da u tabeli rutiranja next-hop rutera može da postoji ruta za takav zahtev. Najčešće se konfiguriše postavljanjem adrese 0.0.0.0/0.



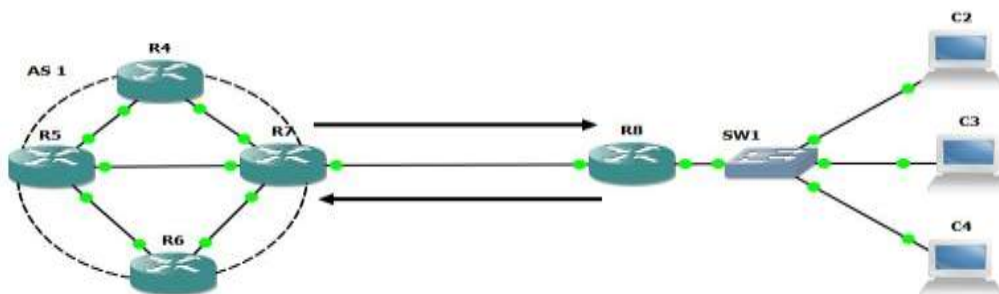
Slika 1 Primer statičke rute

Za default rutu sa slike br. 1, paketi sa bilo koje mreže koja nije navedena u ruting tabeli biće poslani na interfejs 10.10.10.2.

Pod statičkim rutiranjem podrazumeva se manuelno kreiranje putanja na mrežnom uređaju – ruteru. Izbor statičke rute prvenstveno zavisi od administratora prilikom kreiranja topologije kreirane računarske mreže. Kada se radi o dinamičkom rutiranju, tabele rutiranja se ažuriraju automatski, na osnovu razmene informacija između rutera. Obično se koristi u manjim mrežama i prostije topologije.

1.1 Statičko rutiranje

Za ovaj tip rutiranja nije neophodno imati snažniji procesor na mrežnom uređaju – ruteru jer se isti u ovom slučaju previše ne opterećuje prilikom proračuna putanje i ažuriranja ruting tabele. Ruting tabela se manuelno ažurira nakon autorizacije, tako da se iz ovog razloga statičko rutiranje može smatrati kao bezbedno. Na ovaj način administrator je direktno odgovoran na (ne)ažurnost istih (ruting tabela). Mane koje prate statičko rutiranje su te da sve statičke rute, kao i njihove izmene moraju biti ručno konfigurisane od strane administratora. Statički konfigurisane rute se ne prilagođavaju lako novonastalim promenama mreže.



Slika 2 Statička ruta između rutera R7 i R8

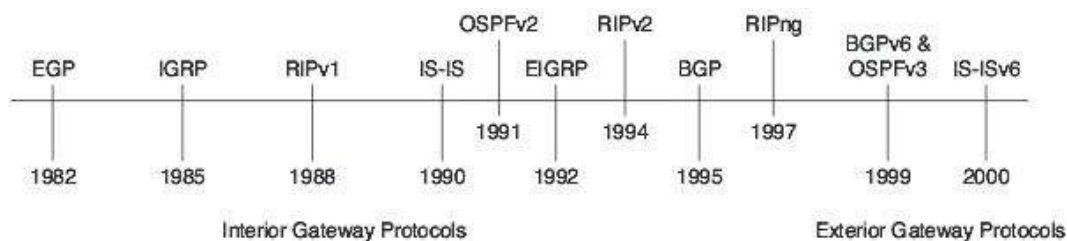
Prilikom konfigurisanja statičke rute, ona mora biti konfigurisana na oba rutera, tj u oba smera.

1.2 Dinamičko rutiranje

Najčešće se koriste kod velikih mreža kako bi se, nakon konfiguracije i podešavanja parametara mreže, izbeglo administriranje koje je tipično za statičko rutiranje. U najvećem broju slučajeva u računarskim mrežama koristi se jedan dinamički ruting protokol. Takođe, postoje i slučajevi kada se jedna velika mreža sastoji od više manjih mreža sa različitim dinamičkim ruting protokolima. Ovo je i najzastupljeniji slučaj koji se sreće danas. Kod računarskih mreža gde su zastupljeni dinamički ruting protokoli neizbežna pojava je i statičko rutiranje.

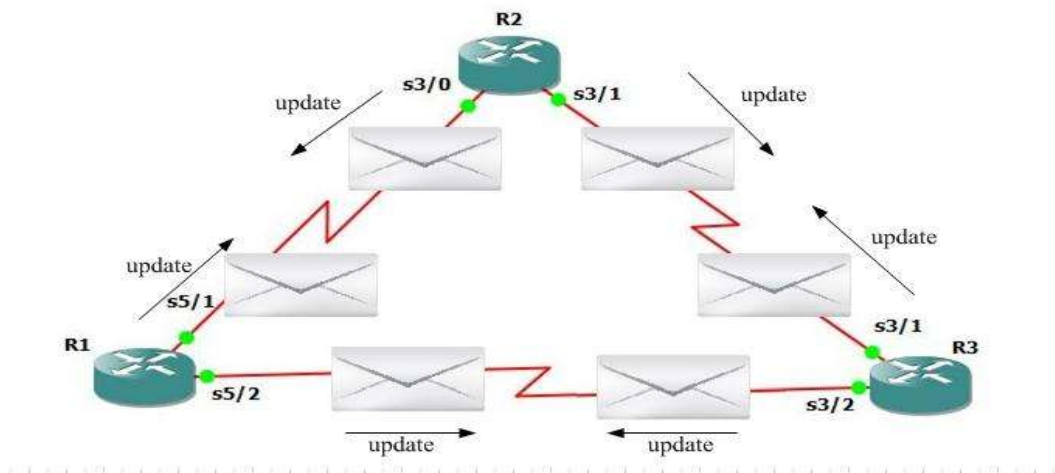
Dinamički ruting protokoli svoju primenu imaju već od '80. godina prošlog veka. Tu se pre svega odnosi na prvu verziju RIP (Routing Information Protocol) protokola kao i na neke najjednostavnije algoritme koji su korišćeni u ARPANET-u na samom početku razvoja računarskih mreža. Prilikom projektovanja računarske mreže veoma je bitno odlučiti kada koristiti koji ruting protokol i da li je on najbolje rešenje za tu mrežu. Izbor ruting protokola u direktnoj je vezi sa kvalitetom ostvarenog saobraćaja.

Evolucija dinamičkih ruting protokola, koja je stalno prisutna, prikazana je na sledećoj slici.



Slika 3 Evolucija ruting protokola

Najčešće korišćeni dinamički protocol su EIGRP (Enhanced Interior Routing Protokol) i OSPF (Open Shortest Path First). Dinamički protocol koji se koristio osamdesetih godina RIP, koristi se i danas uz izvesne modifikacije², odnosno koristi se verzija RIPv2. Za rutiranje u velikim mrežama se uglavnom koriste OSPF i protokol IS-IS (Intermediate System-to Intermediate System). Sa porastom broja korisnika u računarskoj mreži i nedovoljnim brojem adresa IPv4 adresiranjem prelazi se na IPv6 adresiranje. Uloga dinamičkog ruting protokola je da pojednostavi razmenu informacija između rutera. Omogućava ruterima da razmenjuju informacije o udaljenim mrežama i automatski ažuriraju podatke o njima u svojim ruting tabelama.



Slika 4 Razmena informacija kod dinamičkog rutiranja

Dinamički ruting protokoli obuhvataju skup pravila, algoritama i poruka koje razmenjuju ruteri prilikom ažuriranja ruting tabela. Na taj način pravi se izbor koje je rešenje najbolje za određenu

² RIPv2 je *classless* protokol, sumarizacija po interfejsu je manuelna, u okviru poruke prilikom ažuriranja ruting tabele se nalazi i mrežna maska IP adrese interfejsa, rezervisana multicast adresa je 224.0.0.9, dve metode autentikacije (jednostavni lozinka ili MD5).

putanju. Proces dinamičkog rutiranja obuhvata sledeće: Dobijanje informacija o udaljenim mrežama, ažuriranje podataka u ruting tabelama, izbor najbolje putanje do određene mreže i alternativno rešenje za slučaj da najbolja putanja nije dostupna. Elementi dinamičkog rutiranja su: Struktura podataka, koja obuhvata tabele ili baze podataka za proračun putanja, čuva se u RAM memoriji rutera. Algoritam je skup koraka koji se koristi prilikom proračuna najbolje putanje. Poruka ruting protokola se koristi prilikom razmene osnovnih informacija između rutera i služi za ažuriranje informacija o stanju mreže.

Proces dinamičkog rutiranja se sastoji od nekoliko osnovnih koraka:

- Ruter šalje i prima ruting poruke na svojim interfesima,
- Ruter deli poruke i informacije o mreži sa drugim ruterima,
- Kada dođe do promene topologije mreže, ruter obaveštava ostale rutere o tome.

Prednosti prilikom korišćenja dimaničkih ruting protokola su sledeće:

Ruteri međusobno šalju obaveštenja o statusu linka između njih, automatski prepoznaju topologiju mreže, posle osnovnog podešavanja (obuhvata skup pravila, algoritama i poruka) nije potrebno preveliko angažovanje administratora i ruteri se međusobno obaveštavaju o novim putanjama. Glavna prednost dinamičkih ruting protokla je da ruteri međusobno razmenjuju informacije, nezavisno od toga da li je topologija ostala ista ili ne. Ovo omogućava kontinuitet u prenosu paketa čak i kada je u mreži neki link u prekidu.

Mane dinamičkog rutiranja su potreba za velikom procesorskom snagom, stabilni i visokopropusni linkovi radi što boljeg ažuriranja tabela rutiranja. Obično se koristi u većim mrežama i složenijih topologija koje se često menjaju.

1.2.1 Podela Dinamičkih ruting protokola

	Interni				Eksterni
	Na osnovu vektora udaljenosti ³		Na osnovu stanja linka ⁴		Path Vector
IPv4 – classful	RIP	IGRP			EGP
IPv4 - classless	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS	BGP
IPv6	RIPng	EIGRP za IPv6	OSPFv3	IS-IS za IPv6	BGP za IPv6

Slika 5 Podela ruting protokla

Dinamički ruting protokli mogu biti

- IGP ili EGP,
- Distance vector ili Link State
- Classful ili Classless

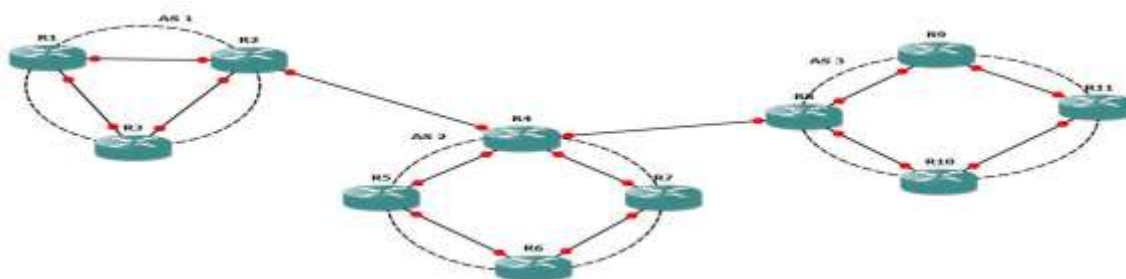
³ Distance vector protokoli šalju periodično update tabele rutiranja, prilagođeniji za jednostavnije mreže, jednostavniji za konfiguirisanje i duže vreme im je potrebno za popunjavanje ruting tabela.

⁴ Link state protokoli prilikom popunjavanja ruting tabela podacima, šalju samo izmene (update) o promeni topologije, stanju linkova. Imaju primenu u složenijim mrežama, komplikovaniji su za konfiguraciju, kratko vreme potrebno za popunjavanje ruting tabela podacima.

Protokli rutiranja koji se koriste u okviru jednog autonomnog sistema zovu se Interni rutirajući protokoli (IGPs – *Interior Routing Protocols*). Dizajnirani su za brzu konvergenciju i ne prevelike rutirajuće tabele. Protokli rutiranja između dva autonomna sistema zovu se Eksterni rutirajući protokoli (EGP - *Exterior Routing Protocols*). Imaju primenu kod velikih rutirajućih tabela i velikih i razgranatih mreža.

Internet je baziran na konceptu međusobno povezanih autonomnih sistema uz korišćenje IGP i EGP rutirajućih protokola.

Na sledećoj slici prikazana su tri nezavisna autonomna sistema.



Slika 6 Autonomni sistemi

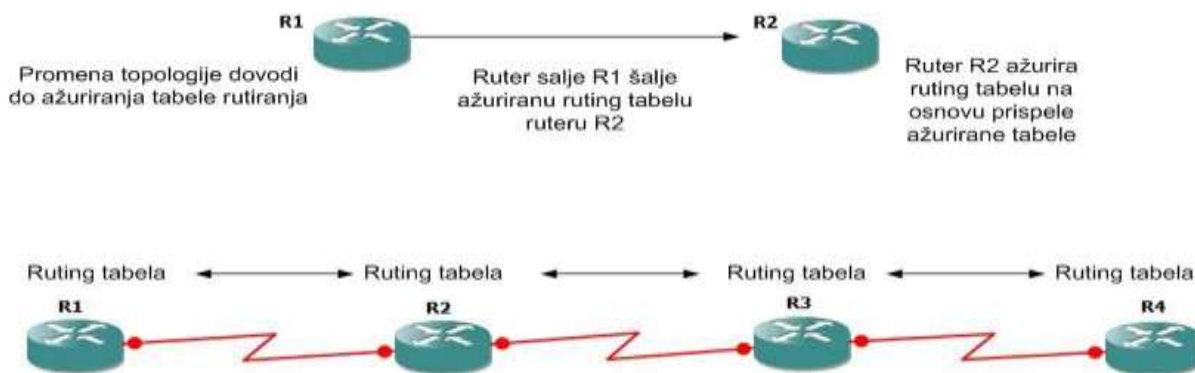
Potrebna je međusobna povezanost između nezavisnih autonomnih sistema kako bi došlo do razmene informacija iz rutirajućih tabela. Protokol koji se koristi između autonomnih sistema je BGP (Border Gateway Protokol – EGP protokol). BGP spada u grupu *path vector* protokola.⁵

Interni rutirajući protokoli se dele na dva tipa, odnosno mogu biti Distance vector ili Link state.

Distance vector znači da ruteri kreiraju vektor rastojanja i pravca. Distanca je određena metrikom i brojem rutera koje treba proći do destinacije. Promene u rutirajućim tabelama šalju se periodično svim susednim ruterima koji koriste isti protokol rutiranja. Vremenski interval za koji se vrši slanje navedenih promena se kreće u rasponu između 10 i 90 sekundi. Ukoliko kratak vremenski interval između slanja, može doći do zagušenja mreže ili u protivnom vreme konvergencije može biti veoma veliko. Distance vector protokoli prilikom proračuna optimalne putanje koriste Belman-Fordov algoritam⁶. Ruteri u tom slučaju dobijaju informacije samo od suseda. Jedina informacija koju ruteri dobijaju o udaljenoj mreži je distanca ili metrika do te mreže i koju putanju ili interfejs da koristi kako bi došao do iste. Distance vector protokoli nemaju mogućnost da kreiraju topologiju mreže. Koriste se kada je mreža jednostavnija i nije potrebno da se uspostavi hijerarhija. Takođe, koristi se u slučajevima kada administrator ne raspolaže adekvatnim znanjem da konfiguriše parametre mreže ili ustanovi probleme u istoj. Distance vector protokol se koristi kod specifičnih i manjih mreža koje mogu biti deo veće mreže i kada vreme ažuriranja rutirajućih tabela ne predstavlja problem.

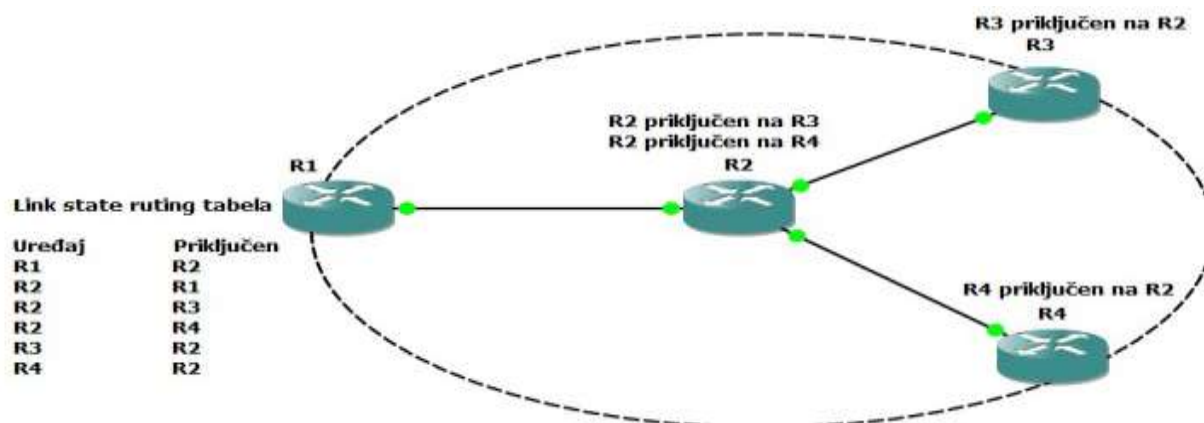
⁵ Path vector protocol predstavlja tip protokola čiji algoritam uzima u obzir više različitih atributa prilikom proračuna optimalne putanje.

⁶ Belman-Ford algoritam predstavlja algoritam koji računa najkraci put iz jednog ka svim ostalim cvorovima u tezinskom dijagramu.



Slika 7 Proces ažuriranja ruting tabela kod Distance vector ruting protokola

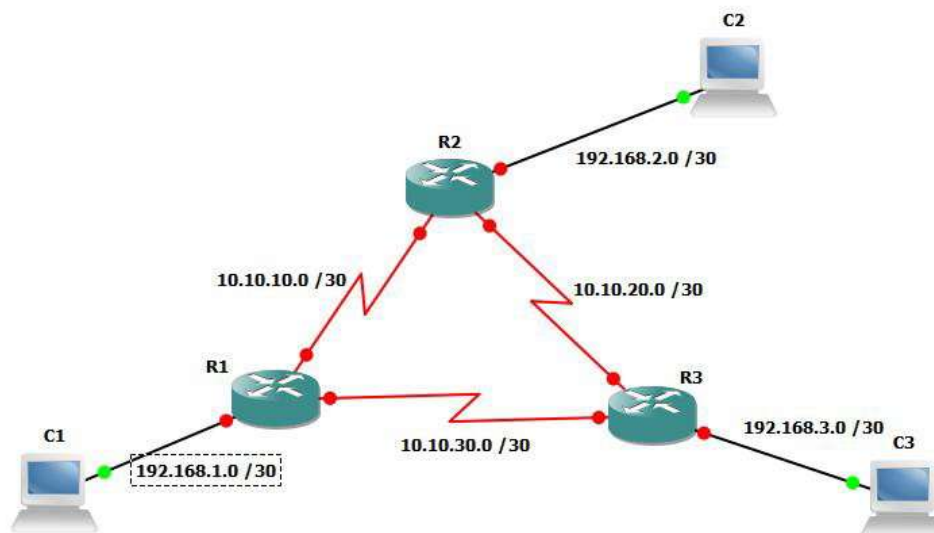
Link state ruting protokoli mogu da kreiraju celokupnu topologiju računarske mreže. Ne vrši se periodično ažuriranje informacijama o mreži. Ažuriranje se vrši samo u slučaju da dođe do promene u topologiji mreže. Najčešća primena Link state protokola je kada je mreža hijerarhijski organizovana. Koristi se kada administrator raspolaže adekvatnim znanjem i kada je potrebno brzo ažuriranje ruting tabele, odnosno kraće vreme konvergencije, sprečavaju pojavu beskonačnih petlji.



Slika 8 Proces ažuriranja ruting tabela kod Link state protokola (R1)

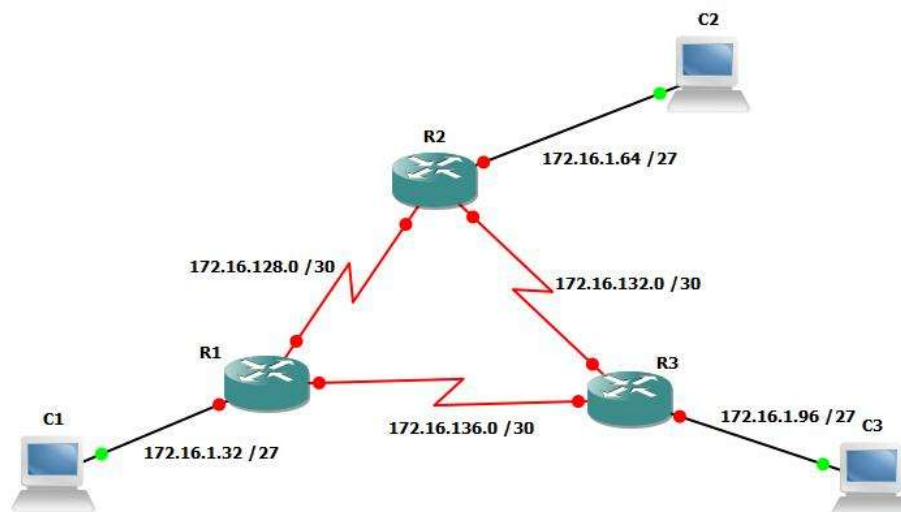
Classful ruting protokoli ne šalju informacije o subnet maskama prilikom ažuriranja ruting tabela. Prvi ovakav protokol koji se koristio bio je RIP. Na ovakav tip ruting protokola može se naići i dan danas i to u slučaju kada se mreža ima više podmreža. Classful ruting protokoli ne podržavaju VLSM⁷.

⁷ VLSM – Variable-length subnet masks predstavlja način deljenja IP adresa na osnovu potreba svake mreže ponaosob. Koristi se kod classless protokola, gde se prilikom ažuriranja ruting tabela kao informacija šalje i maska podmreže.



Slika 9 Classful routing protokol – Subnet maska je ista u celoj topologiji

Classless routing protokoli uzimaju u obzir subnet masku prilikom ažuriranja informacija u routing tabelama. Ovaj tip routing protokola je zastupljeniji u velikom broju računarskih mreža. Na slici broj 11 predstavljen je classless routing protokol.



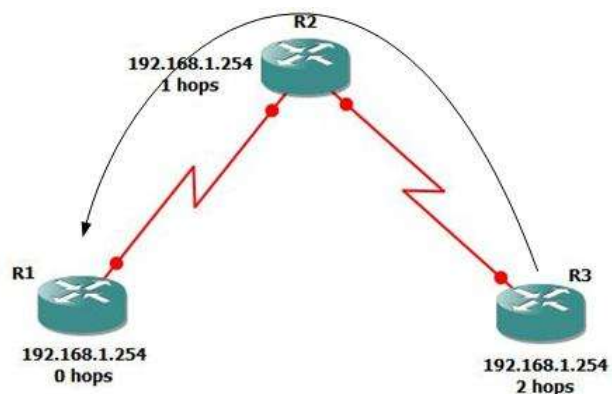
Slika 10 Classless routing protokol – Subnet maska u mreži se razlikuje

Jedna od najbitnijih osobina dinamičkih routing protokola je brzina ažuriranja routing tabela prilikom izmene topologije mreže, odnosno konvergencija. Za neku mrežu kažemo da je konvergirala kada su svi ruteri ažurirali informacije o mreži. Vreme konvergencije predstavlja vremenski period za koje ruteri podele informacije sa susedima, izračunaju nabolju putanju i izvrše ažuriranje routing tabele. Za to vreme smatra se da mreža nije u potpunosti operabilna, pa je samim tim potrebno da vreme konvergencije bude što kraće.

Kako bi uporedili ruting protokole koji se koriste za rutiranje u nekoj računarskoj mreži, moramo se vezati za neki parameter koji ćemo upoređivati.

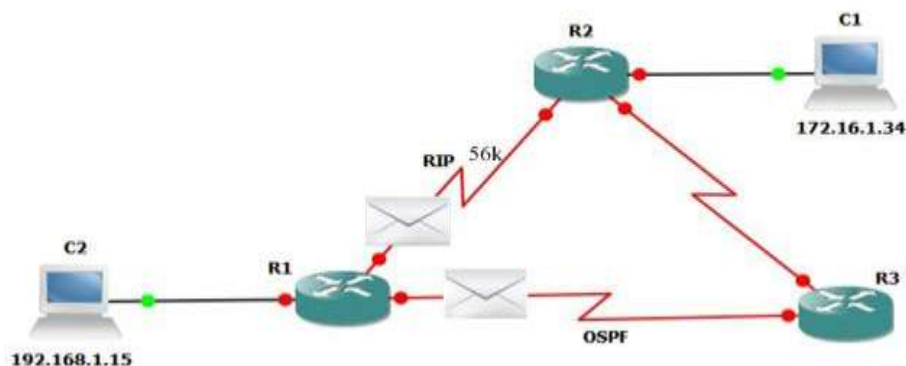
Za procenu najbolje putanje između dva rutera, ruteri koriste metriku (metric⁸). Ukoliko je između početnog i krajnjeg rutera nekoliko ruta istog ruting protokla, za najbolju rutu se uzima ona koja ima najmanju metriku.

Metriku koju koristi RIP ruting protokol prilikom proračuna najbolje putanje je *hop count*⁹. OSPF ruting protokol koristi protok prilikom izbora najbolje putanje. Kada ruter prima podatke i ažurira ruting tabelu različitim ruting protokolima u okviru iste mreže, nije moguće uporediti metrike. Tada ruter koristi administrativnu distance za proračun najbolje rute. Svaki ruting protokol na osnovu dodeljene vrednosti u IOS-u kod Cisco uređaja ima svoju vrednost. Za bolju rutu uzima se ona čija je vrednost administrativne distance manja.



Slika 11 Metrika

Ukoliko do destinacionog rutera imamo više koristimo više ruting protokola, rutiranje može biti različito, jer se za svako od njih koristi različita metrika.



Slika 12 Različite putanje do destinacije korišćenjem različitih ruting protokola

⁸ Metrika (Metric) predstavlja numericku vrednost za određenu rutu u mreži. Služi da se pomoću nje izračuna udaljenost između dva rutera i prilikom izbora određene rute u tabeli rutiranja. Različiti ruting protokoli koriste različitu metriku.

⁹ Hop count predstavlja broj rutera koji paket treba da prođe do određnog rutera.

Na slici broj 14 prikazane su dve putanje između mreže 192.168.1.0 i destinacije 172.16.1.0. Ruter R1 ruting protokolom RIP dolazi do destinacije na osnovu manjeg broja *hop count*-a, dok ukoliko koristi ruting protokol OSPF do destinacije dolazi uz veći broj *hop count*-a, ali uz veći protok.

Parametri koji određuju metriku su sledeći:

- ✓ Hop count – broj rutera koji paket mora da prođe do destinacije adrese,
- ✓ Bandwidth – Uzima se u obzir putanja sa najboljim protokolom,
- ✓ Delay – Odnosi se na vreme koje je potrebno da paket dođe do odredišta,
- ✓ Reliability – dostupnost putanje u odnosu na moguće greske, smetnje ili prekide linika,
- ✓ Cost – Predstavlja parametre ograničene IOS-om ili konfigurisane od strane administratora. Može se odnositi na metriku ili konfigurisane polise.

Pregled metrike možemo dobiti iz ruting tabele, nezavisno od toga da li je u pitanju statičko ili dinamičko rutiranje.

Svaki od ruting protokola metriku računa na osnovu različitih parametara mreže i to:

RIP - Broj hopova,

IGRP, EIGRP – Protok, odziv, dostupnost,

IS-IS, OSPF – Najbolja putanja je ona koja ima najmanju cenu koštanja. Kao relevantan faktor pri proračunu cene koštanja OSPF koristi protok.

Korišćenje bilo kog od navedenih protokola za sobom povlači prednosti i mane. Ukoliko do destinacije koristimo više ruta i iste imaju istu metriku, onda ruter ne uzima samo jednu rutu, već vrši *load-balancing*, odnosno vrši podjednako slanje paketa preko svih ruta sa istom metrikom. Većina ruting protokola karakteriše to da mogu vršiti *load-balancing* sa najviše četiri rute na koje mogu da podele saobraćaj. EIGRP ruting protokol ima tu osobinu da može da podeli saobraćaj čak i kada metrika nije podjednak.

Administrativna distanca kao faktor koji određuje da li je neka ruta poželjna ili ne može se uzeti u obzir nezavisno od toga da li se koristi statičko ili dinamičko rutiranje. Ruter može da nauči neku rutu od više nezavisnih izvora u mreži. Ovo znači da neku rutu možemo statički konfigurisati do koje se dolazi i dinamičkom rutom, kao što je RIP ruting protokol. Ruter u tom slučaju mora izabrati koju rutu da koristi. Retko se dešava da u jednoj mreži – autonomnom sistemu imamo više različitih ruting protokola, ali se u praksi može naići i na slučaj kada je neophodno da se koristi više ruting protokola. U slučaju da se do destinacije koriste različiti ruting protokoli koji imaju različitu metriku, tada nije moguće uporediti koja je putanja najbolja. U takvim situacijama koristi se administrativna distanca, odnosno vrednost koja je različita za svaki ruting protokol. Ona se kreće u rasponu od 0-255 i što je vrednost manja to je ruta,

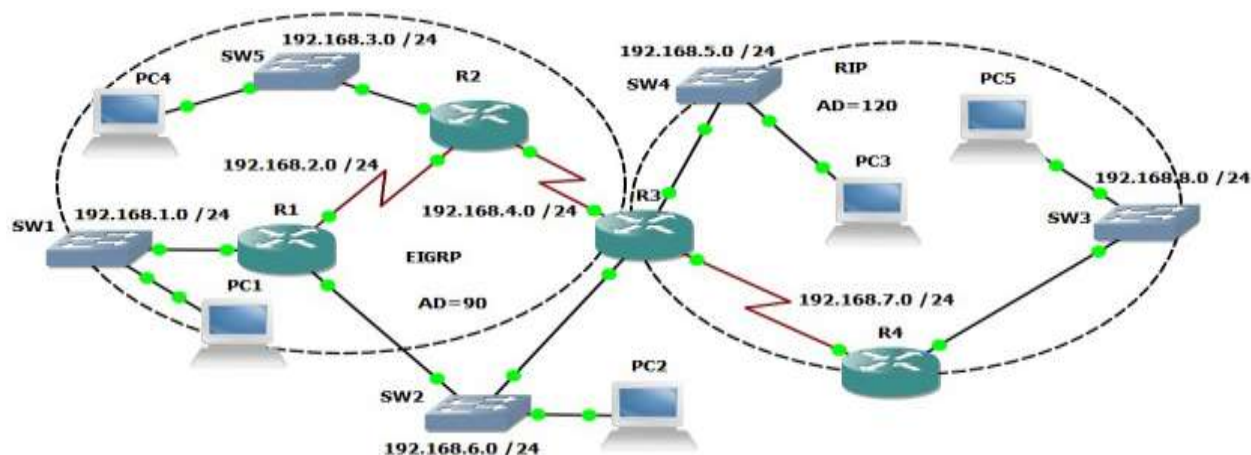
odnosno putanja do destinacije bolja. Vrednost administrativne distance je moguće promeniti, kako za statičke, tako i za dinamičke ruting protokole.

Vrednost administrativne distance za direktno priključene mreže iznosi 0 i ona ne može biti promenjena. Ukoliko neka ruta ima vrednost administrativne distance 255 to znači da je ruter ne uzima kao relevantnu rutu i ista neće biti smeštena u ruting tabelu. Prilikom optimizacije mrežnog saobraćaja, administrator u zavisnosti od toga šta želi sa određenom rutom, vrednost administrativne distance povećava ili smanjuje. Postoje slučajevi kada administrator želi da statički izrutira saobraćaj do iste destinacije gde postoji dinamičko rutiranje. Statičko rutiranje u ovakvim slučajevima se podešava sa većom vrednošću administrativne distance od administrativne distance dinamičkog ruting protokola. Ukoliko se desi da link preko kojeg se odvija dinamičko rutiranje bude u prekidu, statičko rutiranje će biti jedino dostupno i ta ruta će biti automatski dodata u ruting tabelu. Ovaj slučaj je poznat kao *floating static route*, odnosno plivajuća statička ruta.

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
RIP	120
External EIGRP	170
Internal BGP	200

Slika 13 Vrednost default administrativnih distance kod ruting protokola

Na slici 17 predstavljena je mreža gde se koristi više ruting protokola i samim tim je neophodno korišćenje administrativne distance radi pronalaženja najbolje rute.



Slika 14 Različite ruting protokoli do destinacije sa različitim administrativnim distancama

Analizom parametara ruting tabele, dolazimo do sledećeg zaključka: Na ruteru R2 su pokrenuta dva ruting protokola (RIP i EIGRP). Prilikom ovakvog rutiranja, ruter R2 bi naučio 192.168.6.0/24 mrežu od rutera R1 preko EIGRP protokola i od rutera R3 preko RIP protokola. Zbog manje vrednosti administrativne distance EIGRP protokola koja iznosi 90, ruter R2 dodaje u ruting tabelu rutu do naučene mreže preko EIGRP protokola, tj preko rutera R1. U slučaju da je ova ruta trenutno nedostupna, u ruting tabelu R2 rutera dodaje se ruta do navedene mreže preko rutera R3 korišćenjem ruting protokola RIP. Nakon vraćanja rute preko rutera R1, RIP ruta se briše iz tabele i ponovo se koristi ruta preko EIGRP protokola.

2. Opis u praksi najčešće korišćenih ruting protokola

2.1 Statičko rutiranje

Statičko rutiranje ima primenu kod manjih mreža, gde je broj ruta mali i gde promene nisu česte. Podrazumeva ručni unos svih ruta na svim uređajima i sa bezbednosnog aspekta, ovaj ruting protokol se smatra bezbednim. U prilog ovoj vrsti rutiranja ne ide to da nisu pogodne za velike mreže ili mreže čija topologija kreće da se uvećava.

Sintaksa za konfigurisanje statičke rute između dva rutera je sledeća:

Router(config)#ip route network [mask] {address | interface}[distance] [permanent]

Primer(slika?)

R1(config) ip route 10.10.20.0 255.255.255.252 10.10.10.10.2

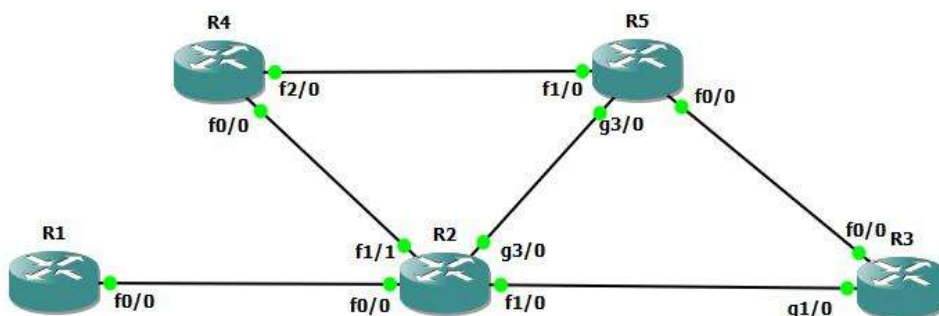
ip route – komanda

10.10.20.0 – mrežna adresa udaljene mreže

255.255.255.252 – mrežna podmaska udaljene mreže

10.10.10.10.2 – interfejs na R2 ruteru preko kog se dolazi do udaljene mreže

Izlazni parametar gde se paket usmerava može biti interfejs (serijski ili ethernet) ili IP adresa porta – next hop rutera.



Slika 15 Konfigurisanje statičke rute između rutera R1 i R3

Na slikama br. 16 i br. 17 prikazano je konfigurisanje statičke rute između rutera R1 i rutera R3.

Potrebno je konfigurisati interfejs na putanji između rutera R1 i R3, odnosno i ruter R2.

```
R1(config)#int fa 0
R1(config)#int fa 0/0
R1(config-if)#ip address 10.10.10.1 255.255.255.252
R1(config-if)#no shut
R1(config-if)#
*Jan  9 19:55:07.667: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
*Jan  9 19:55:08.667: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up
R1(config-if)#exit
R1(config)#wr
R1(config)#
^
% Invalid input detected at '^' marker.

R1(config)#exit
R1#wr
Building configuration...

*Jan  9 19:55:19.691: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console[OK]
R1#E(M')T
R1#p)
R1#
R1#EER(MMX)TT
R1#p)
R1#
R1#EERR(MMM'XX)TTT
R1#ppp)
R1#
R1#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R1(config)#ip route 10.10.20.0 255.255.255.252 10.10.10.2
R1(config)#exit
R1#
```

Slika 16 Konfigurisanje Rutera 1 i statičke rute ka Ruteru 3

```
R3#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R3(config)#int g1/0
R3(config-if)#ip add
R3(config-if)#ip address 10.10.20.2 255.255.255.252
R3(config-if)#no shut
R3(config-if)#exit
R3(config)#ip route 10.10.10.0 255.255.255.252 10.10.20.1
R3(config)#exit
R3#wr
Building configuration...
[OK]
R3#ping
*Jan  9 20:33:08.199: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R3#ping 10.10.10.1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.10.10.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 88/207/304 ms
R3#
```

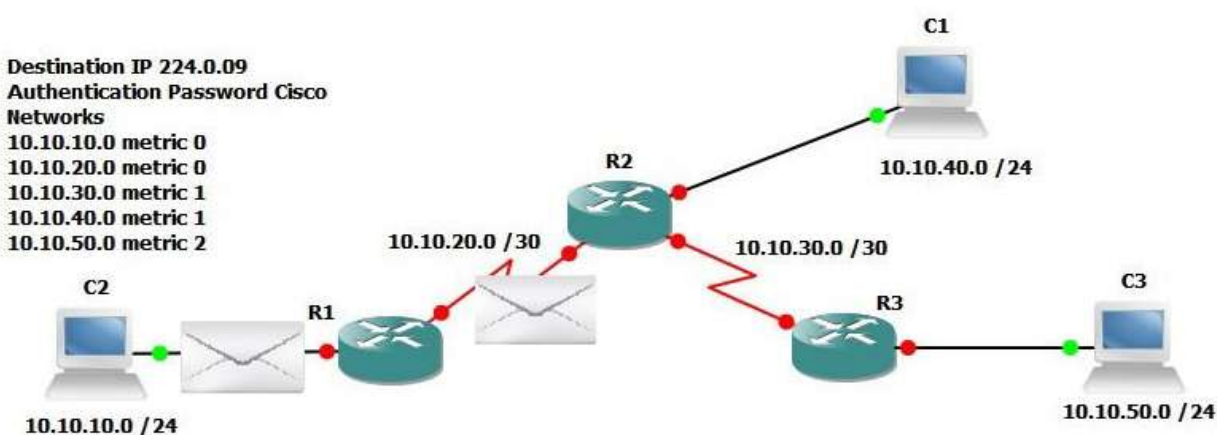
Slika 17 Konfigurisanje Rutera 3 i statičke rute ka Ruteru 1

2.2 RIPv2

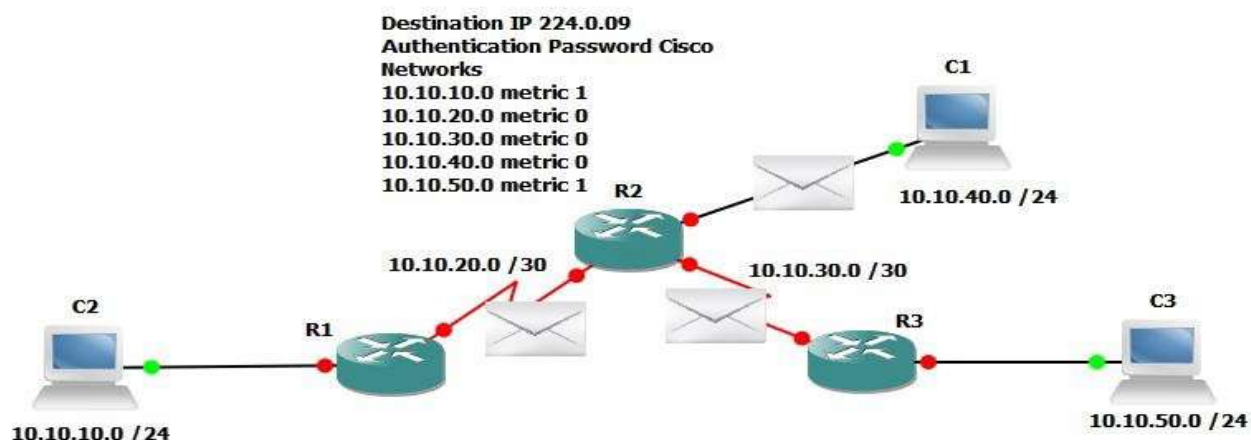
RIP spada u vrstu distance vector routing protokola. Koristi hop count kao jedinu metriku za proračun najbolje putanje. Rute čiji je hop count veći od 15 se ne razmatraju. Poruke se razmenjuju na svakih 30 sekundi.

RIPv2 se koristi u classless mrežama i ima mogućnost autentikacije update poruka.

Sve funkcionalnosti koje je imao routing protokol RIPv1, zadržane su i kod routing protokola RIPv2, uz određene modifikacije. RIPv2 ažurira ostale rutere putem multicasta (rezervisana adresa iz D klase 224.0.0.9).



Slika 18 metrika na ruteru R1 prema ostalim mrežama

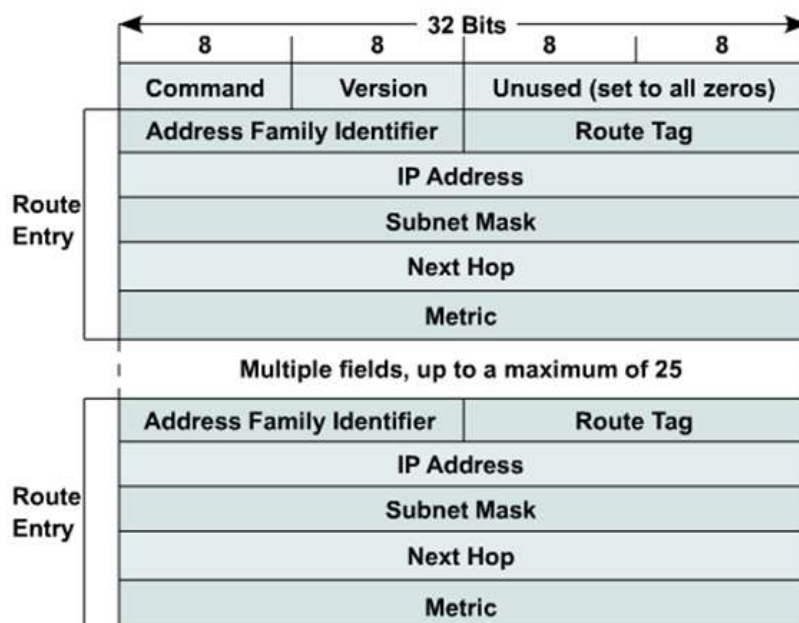


Slika 19 metrika na ruteru R2 prema ostalim mrežama

Najbitnije karakteristike rutinog protokola RIPv2:

- Mogućnost autentikacije update poruka,
- Classless rutinog protokol,
- Opcija Next Hop IP omogućava da se prilikom rutiranja izbegne nepotreba ruta,
- Multicast, koji obezbeđuje istovremeno oglašavanje ruta na više RIP ili RIPv2 uređaja.

Format poruke kod rutinog protokola RIPv2:



Slika 20 format poruke kod RIPv2 rutinog protokola

RIPv2 podatak kojim se ažuriraju rutinog tabele može sadržati do 25 ruta u sebi i koristi UDP port 520.

Polje komande označava da li se radi o zahtevu ili odgovoru na zahtev. Polje verzije ima vrednost dva za RIPv2. Address family identifier ima vrednost 2, sa izuzetkom kod zahteva za potpunu rutinog tabelu kada je vrednost 0. Na osnovu Router tag polja zaključuje se da li se radi o internoj ili eksternoj ruti. Interne rute su one koje su naučene od RIPv2 protokola bez obzira da li se radi o mreži ili autonomnom sistemu. Eksternete rute su one koje su naučene od drugih rutinog protokola koje se redistribuiraju preko RIPv2 procesa. Jedna od preporučenih upotreba ovog polja je i ta da u sebi nosi broj autonomnog sistema rute koja je uvežena od nekog eksternog rutinog protokola. Polje IP adrese sadrži destinacionu IP adresu. Polje mrežne maske sadrži u sebi 32bitnu masku koja određuje mrežu ili podmrežu navedene IP adrese. Next Hop polje sadrži IP adresu sledećeg uređaja koji je naveden u polju IP adrese. Metric polje prikazuje koliko je

vrednost hop counta do odredišta. Ova vrednost može biti u rasponu od 1-15 za pravu rutu ili za nepostojeću 16.

Poznavanje uloge svakog od polja u formatu poruke ruting protokola RIPv2 pojednostavljuje upravljanje ruting protokolom RIPv2.

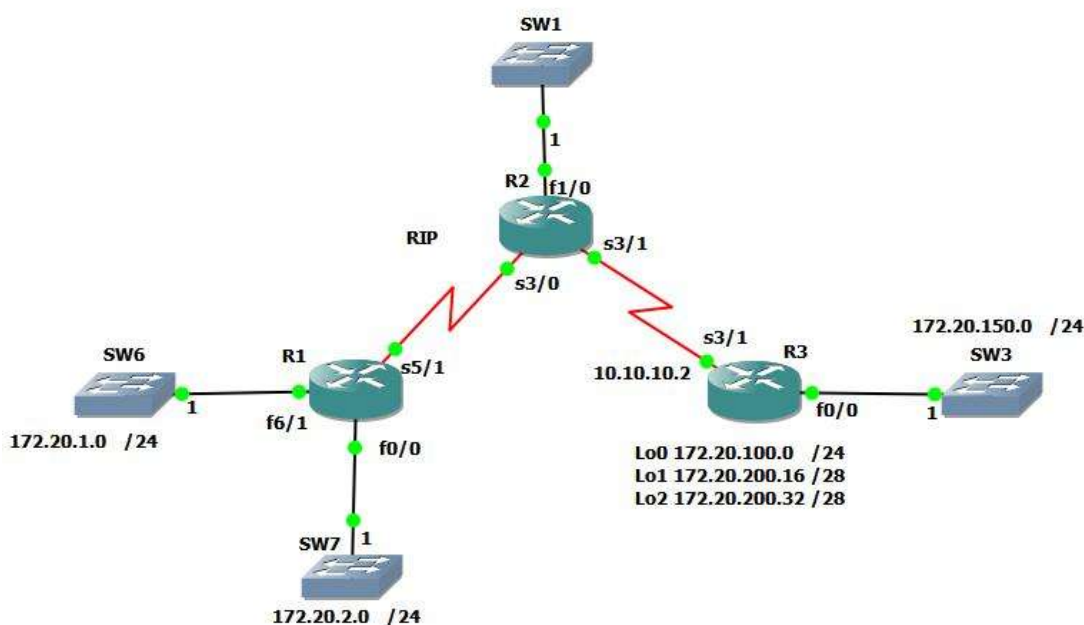
Ukoliko polje verzije ima vrednost 1 i ukoliko bilo koji bit u neiskorišćenom polju ima vrednost 1, ažuriranje se odbacuje. Kada se desi da je vrednost RIP verzije veća od 1, tada se neupotrebljena polja ignorisu i poruka se obrađuje dalje. Nove verzije RIP protokola su kompatibilne sa starijim verzijama.

Postoje četiri slučaja interoperabilnosti između RIP i RIPv2 protokola:

- Kada se emituju poruke RIP protokola,
- RIP kompatibilnost, kada RIPv2 vrši emitovanje poruka, a RIP može da ih prihvati,
- RIPv2, kada su poruke poslate na adresu 224.0.0.9 i
- Nijedna, kada se ne šalju poruke ažuriranja.

Ova interoperabilnost ostavlja mogućnost proenu moda RIP protokola na svakom od interfejsa u zavisnosti od potreba.

Primer konfiguracije RIPv2 ruting protokola:



Slika 21 Topologija sa tri rutera i konfigurisanim RIPv2 protokolom

```
R2#sh ip pro
Routing Protocol is "rip"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Sending updates every 30 seconds, next due in 23 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 2, receive version 2
    Interface        Send Recv Triggered RIP Key-chain
  FastEthernet1/0      2     2
  Serial3/0            2     2
  Serial3/1            2     2
  Automatic network summarization is not in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    10.0.0.0
    172.20.0.0
    172.30.0.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
  10.10.10.2         120          00:00:09
  Distance: (default is 120)
```

Slika 22 prikaz konfigurisanih protokola na ruteru R2

Sa slike se vidi da opcija automatske sumarizacije ruta nije isključena.

Nakon konfigurisanja ostalih rutera dobija se sledeće:

```
R3#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

  172.20.0.0/16 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C       172.20.200.32/28 is directly connected, Loopback2
C       172.20.200.16/28 is directly connected, Loopback1
C       172.20.100.0/24 is directly connected, Loopback0
  10.0.0.0/30 is subnetted, 2 subnets
C       10.10.10.0 is directly connected, Serial3/1
R       10.10.50.0 [120/1] via 10.10.10.1, 00:00:19, Serial3/1
R3#
```

Slika 23 prikaz konfigurisanih ruta na ruteru R3

Nakon konfigurisanja svih parametara na topologiji navedenoj na slici br.19 i svih mreža koje se mogu videti na slici, komandom “show ip route” na sva tri rutera možemo videti opcija da auto-summari više nije aktuelna.

Komandom “show ip route” na ruterima R1, R2 i R3 dobijamo informaciju o dostupnim mrežama, direktno priključenim ili naučenim preko RIPv2 protokola

```
R1#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       I - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.20.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
R   172.20.200.32/28 [120/2] via 10.10.50.1, 00:00:19, Serial5/1
R   172.20.200.16/28 [120/2] via 10.10.50.1, 00:00:19, Serial5/1
C   172.20.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C   172.20.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
R   172.20.100.0/24 [120/2] via 10.10.50.1, 00:00:19, Serial5/1
R   10.0.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
R   10.10.10.0 [120/1] via 10.10.50.1, 00:00:19, Serial5/1
C   10.10.50.0 is directly connected, Serial5/1

R2#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       I - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.20.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
R   172.20.200.32/28 [120/1] via 10.10.10.2, 00:00:02, Serial3/1
R   172.20.200.16/28 [120/1] via 10.10.10.2, 00:00:02, Serial3/1
R   172.20.1.0/24 [120/1] via 10.10.50.2, 00:00:18, Serial3/0
R   172.20.2.0/24 [120/1] via 10.10.50.2, 00:00:18, Serial3/0
R   172.20.100.0/24 [120/1] via 10.10.10.2, 00:00:02, Serial3/1
R   10.0.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
C   10.10.10.0 is directly connected, Serial3/1
C   10.10.50.0 is directly connected, Serial3/0

R3#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       I - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.20.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
C   172.20.200.32/28 is directly connected, Loopback2
C   172.20.200.16/28 is directly connected, Loopback1
R   172.20.1.0/24 [120/2] via 10.10.10.1, 00:00:10, Serial3/1
R   172.20.2.0/24 [120/2] via 10.10.10.1, 00:00:10, Serial3/1
C   172.20.100.0/24 is directly connected, Loopback0
R   10.0.0.0/30 is subnetted, 2 subnets
C   10.10.10.0 is directly connected, Serial3/1
R   10.10.50.0 [120/1] via 10.10.10.1, 00:00:10, Serial3/1
R3#
```

Slika 24 prikaz ip route na konfigurisanim ruterima R1, R2 i R3

Pregled konfigurisanih parametara možemo dobiti komandom „debug ip rip“

```
RIP: sending v2 update to 224.0.0.9 via Serial3/1 (10.10.10.1)
RIP: build update entries
      10.10.50.0/30 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0

RIP: received v2 update from 10.10.10.2 on Serial3/1
      172.20.100.0/24 via 0.0.0.0 in 1 hops
      172.20.200.16/28 via 0.0.0.0 in 1 hops
      172.20.200.32/28 via 0.0.0.0 in 1 hops
RIP: received v2 update from 10.10.10.2 on Serial3/1
      172.20.100.0/24 via 0.0.0.0 in 1 hops
      172.20.200.16/28 via 0.0.0.0 in 1 hops
      172.20.200.32/28 via 0.0.0.0 in 1 hops

RIP: sending v2 update to 224.0.0.9 via Serial3/0 (10.10.50.1)
RIP: build update entries
      10.10.10.0/30 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
      172.20.100.0/24 via 0.0.0.0, metric 2, tag 0
      172.20.200.16/28 via 0.0.0.0, metric 2, tag 0
      172.20.200.32/28 via 0.0.0.0, metric 2, tag 0
```

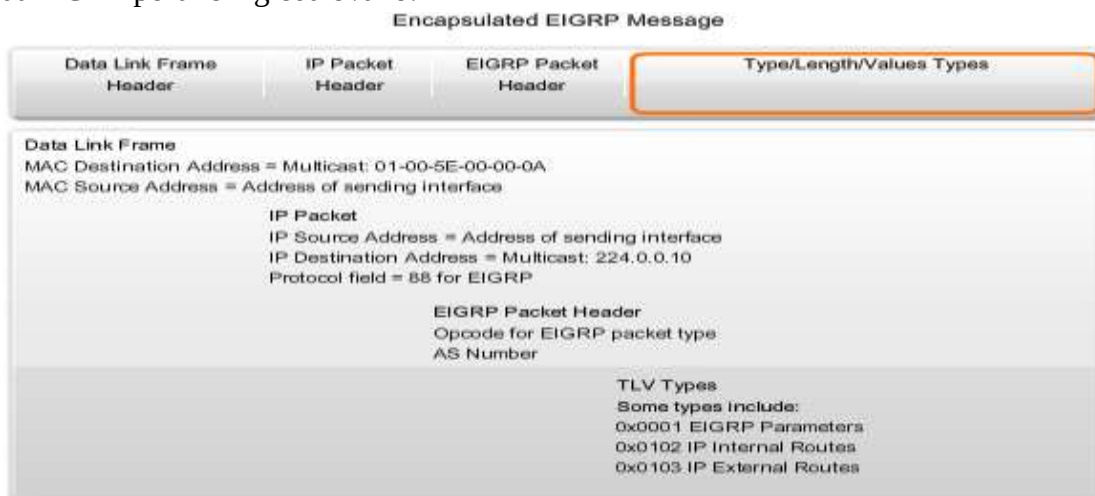
Slika 25 provera konfigurisanih parametara rutinog protokola RIPv2 na ruteru R2

2.3 EIGRP

EIGRP protokol spada u grupu distance vector ruting protokola.

Spada u grupu pouzdanih protokola, koji funkcioniše na principu uspostavljanja neighbor odnosa. Prilikom ažuriranja, slanje update poruke vrši samo onim ruterima na koje promena utiče. Odgovara velikim, zahtevnim mrežama i različitim topologijama.

Format EIGRP poruke izgleda ovako:

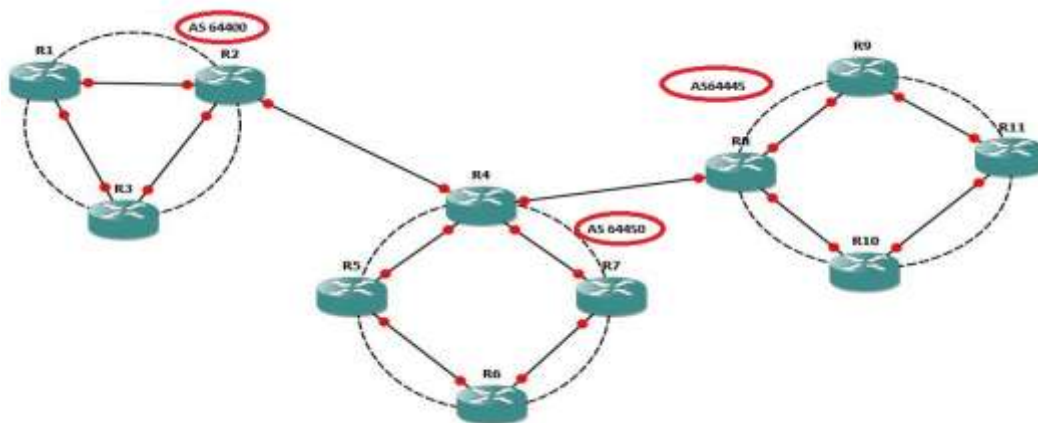


Slika 26Format poruke EIGRP protokola

Tipovi poruke mogu biti

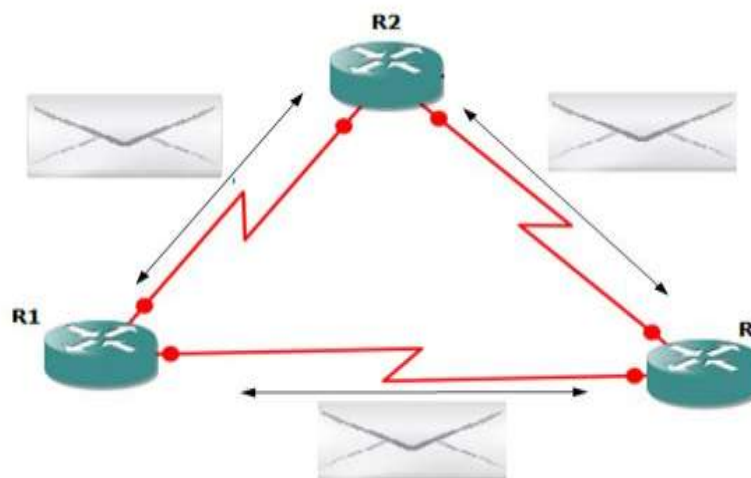
- Hello – za otkrivanje svojih suseda,
- Acknowledgement (ACK) - paketi za potvrdu prijema update paketa,
- Update – informacije o odredištu,
- Query – EIGRP šalje query pakete da pronađe feasible sucesor rute ka odredištu (multicast paketi),
- Reply – paketi kojima se odgovara na query pakete.

Vrednost autonomnog sistema definiše oblast nad kojom se sprovodi EIGRP proces.



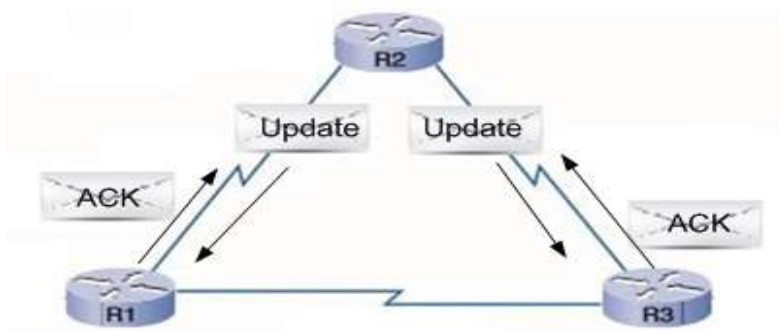
Slika 27 Tri autonomna sistema

Prilikom uspostavljanja neighbor odnosa EIGRP protokol koristi HELLO pakete.



Slika 28 Razmena HELLO poruka prilikom uspostavljanja Neighbor odnosa

EIGRP protokol koristi update paket za razmenu informacija rutiranja. Za razliku od periodičnog slanja update paketa, (npr. kao kod RIP protokola) kod EIGRP protokola slanje update paketa vrši se samo onda kada dođe do promene topologije. ACK (acknowledgement) paketi koriste se za potvrdu prijema EIGRP update, query, reply paketa.



Slika 29 Prikaz slanja Update i ACK paketa kod EIGRP protokola

Query, reply paketi koriste DUAL (Diffusing update alghorithm), algoritam za otkrivanje mreža radi prosleđivanja paketa prilikom nastale promene stanja topologije mreže. DUAL algoritam se koristi za dobijanje „loop-free“ rute u svakom trenutku tokom računanja rute. Ovo znači da svi ruteri koji čine topologiju mogu da sinhronizuju promene u isto vreme. Ruteri koji nisu imali nikakve promene nisu uključeni u ponovno proračunavanje ruta. DUAL algoritam omogućava određivanje Backup rute, podršku za VLSM (Variable Lenght Subnet Masks), obezbeđuje upite za alternativnu rutu, ukoliko ne može da pronađe putanju do odredišta.

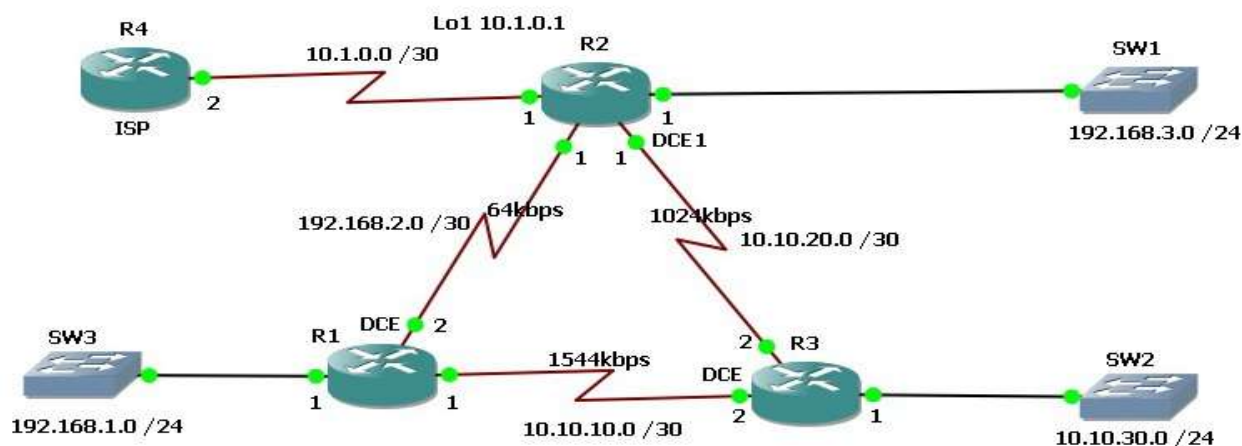
Hello paketi se razmenjuju u pravilnim vremenskim intervalima (5 sekundi kod brzih mreža i 60 sekundi kod multipoint mreža), gde holdtime predstavlja vreme nakon čega će se određena proglašiti nedostupnom.

Vrednost Administrativne distance EIGRP je 5 za sumrizovanu rutu, 90 za Internal EIGPR, 170 za Ehternal EIGRP.

Za EIGRP ruting protokol, pored toga što ima podršku za autentifikaciju za runting update, u odnosu na druge ruting protokole koji pri proračunu optimalnih ruta koriste samo jedan parametar, on koristi čak četiri parametara i to: Širinu propusnog opsega (Bandwidth), Kašnjenje (Delay), Opterećenje (Load) i Pouzdanost (Reliability).

EIGRP ruting protokol može da izvrši raspodelu opterećenja na najviše šest nezavisnih ruta (rute sa jednakom ili nejednakom metrikom).

Primer konfiguracije EIGRP protokolola:



Slika 30 Topologija na kojoj će biti konfigurisan EIGRP ruting protokol

Ruteri R1, R2 i R3 konfigurisani su na sledeći način:

```
!
interface FastEthernet0/0
 ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
 duplex half
!
interface Serial3/0
 description Link to R3
 ip address 10.10.10.1 255.255.255.252
 serial restart-delay 0
!
interface Serial3/1
 description Link to R2
 ip address 192.168.2.2 255.255.255.252
 serial restart-delay 0
 clock rate 64000
!
```

Slika 31 Konfiguracija rutera R1

```
interface FastEthernet0/0
 ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
 duplex half
!
interface Serial3/0
 description Link to R3
 ip address 10.10.20.1 255.255.255.252
 serial restart-delay 0
 clock rate 64000
!
interface Serial3/1
 description Link to R1
 ip address 192.168.2.1 255.255.255.252
 serial restart-delay 0
!
interface Serial3/2
 description Link ka ISP
 ip address 10.1.0.1 255.255.255.252
 serial restart-delay 0
```

Slika 32 Konfiguracija rutera R2

```
interface FastEthernet0/0
 ip address 10.10.30.1 255.255.255.0
 duplex half
!
interface Serial4/0
 description Link to R1
 ip address 10.10.10.2 255.255.255.252
 serial restart-delay 0
 clock rate 64000
!
interface Serial4/1
 description Link to R2
 ip address 10.1.20.2 255.255.255.252
 serial restart-delay 0
```

Slika 33 Konfiguracija rutera R3

Sintaksa konfiguracije rutinog protokola EIGRP je sledeća (Ruter 1):

R1(config)# router eigrp 1

Na svaki od navedenih rutera konfiguriramo EIGRP protokol sa istim brojem autonomnog sistema (u ovom slučaju, vrednost autonomnog sistema je 1).



Slika 34 Aktiviranje EIGRP protokola na ruterima R1, R2 i R3

Konfiguracija EIGRP protokola nastavlja se proglašavanjem priključenih mreža na svaki od rutera u topologiji, pri čemu se adrese mreža zapisuju u classful formi, ukoliko želimo da proglasimo sve mreže ili ukoliko to ne želimo upisujemo wildcard mask u obliku inverzne subnet maske.

```
R1#
R1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1 (config)#router eigrp 1
R1 (config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.3
R1 (config-router)#netwo
*Feb 22 11:46:00.327: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 192.168.2.1 (Serial3/1) is up: new adjacency
R1 (config-router)#network 10.10.10.0 0.0.0.3
R1 (config-router)#network 192.168.1.0
```

Slika 35 Primer dodavanja mreža za 1 autonomni system na ruteru R1 (classful i wildcard mask)

```
R2#
R2#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2 (config)#router eigrp 1
R2 (config-router)#network 192.168.3.0
R2 (config-router)#network 10.10.20.0 0.0.0.3
R2 (config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.3
R2 (config-router)#network 10.1.0.0 0.0.0.3
R2 (config-router)#
```

Slika 36 Primer dodavanja mreža za 1 autonomni system na ruteru R2 (classful forma)

Provera uspostavljenog neighbor odnosa na ruteru R1 dobija se komandom kao što je to prikazano na narednoj slici:

```
R1#
R1#sh ip eigrp neigh
R1#sh ip eigrp neighbors
IP-EIGRP neighbors for process 1
```

N	Address	Interface	Hold Time(sec)	Uptime	SRTT (ms)	RTO	Q	Seq Cnt	Num
1	10.10.10.2	Se3/0	12	00:31:51	37	333	0	3	
0	192.168.2.1	Se3/1	11	00:37:36	27	200	0	4	

```
R1#
```

Slika 37 Neighbor tabela na ruteru R1

Provera da li je protokol konfigurisan vrši se komandom „sh ip protocols“ i dobija se sledeći izveštaj:

```
R1#
R1#sh ip protocols
Routing Protocol is "eigrp 1"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Default networks flagged in outgoing updates
  Default networks accepted from incoming updates
  EIGRP metric weight K1=1, K2=0, K3=1, K4=0, K5=0
  EIGRP maximum hopcount 100
  EIGRP maximum metric variance 1
  Redistribution: eigrp 1
  EIGRP NSF-aware route hold timer is 240s
  Automatic network summarization is in effect
  Automatic address summarization:
    192.168.2.0/24 for Serial1/3, FastEthernet0/0
    Summarizing with metric 2169856
    192.168.1.0/24 for Serial1/3, Serial1/0
    10.0.0.0/8 for Serial1/0, FastEthernet0/0
    Summarizing with metric 2169856
  Maximum paths 0
  Routing for Networks:
    10.10.10.0/30
    10.0.0.0
    192.168.0.0
    192.168.1.0
    192.168.2.0/30
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    (this router)    90            00:08:21
    10.10.10.2       90            00:08:21
    192.168.2.1      90            00:08:21
  Distance: internal 90 external 170
```

Slika 38 Neighbor tabela na ruteru R1

Provera konfigurisanih ruta vrši se na sva tri rutera i dobija se sledeći izveštaj

```
R1#
R1#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       I - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       s - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks
C       10.10.10.0/30 is directly connected, Serial1/3
D       10.0.0.0/8 is a summary, 00:06:41, Null0
D       10.10.20.0/30 [90/2681856] via 10.10.10.2, 00:07:02, Serial1/3
D       10.10.30.0/24 [90/2172416] via 10.10.10.2, 00:04:53, Serial1/3
C       192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C       192.168.2.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C       192.168.2.0/30 is directly connected, Serial1/0
D       192.168.2.0/24 is a summary, 00:08:17, Null0
D       192.168.3.0/24 [90/2172416] via 192.168.2.1, 00:05:25, Serial1/0

R2#
R2#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       I - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks
D       10.10.10.0/30 [90/2681856] via 10.10.20.2, 00:06:40, Serial1/1
D       10.0.0.0/8 is a summary, 00:06:41, Null0
C       10.10.20.0/30 is directly connected, Serial1/1
D       10.10.30.0/24 [90/2172416] via 10.10.20.2, 00:06:40, Serial1/1
D       192.168.1.0/24 [90/2172416] via 192.168.2.2, 00:06:40, Serial1/0
C       192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.2.0/30 is directly connected, Serial1/0
D       192.168.2.0/24 is a summary, 00:06:40, Null0
C       192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

R3#
R3#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       I - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C       10.10.10.0/30 is directly connected, Serial1/2
C       10.10.20.0/30 is directly connected, Serial1/1
C       10.10.30.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
D       192.168.1.0/24 [90/2172416] via 10.10.10.1, 00:07:18, Serial1/2
D       192.168.2.0/24 [90/2681856] via 10.10.20.1, 00:07:18, Serial1/1
           [90/2681856] via 10.10.10.1, 00:07:18, Serial1/2
D       192.168.3.0/24 [90/2172416] via 10.10.20.1, 00:07:18, Serial1/1
```

Slika 39 prikaz konfigurisanog EIGRP protokola na ruterima R1, R2 i R3

EIGRP protokol ima kompozitnu metriku i shodno tome, metrika može biti promenljiva na osnovu promene bilo kog parametara koji utiče na istu.

Osnovna kompozitna formula koja daje vrednost metrike se računa na sledeći način:

$$\text{metric} = (K1 * \text{bandwidth} + K3 * \text{delay})$$

Kompletna kompozitna formula za dobijanje vrednosti metrike kod EIGRP protokola dobija se na sledeći način:

$$\text{metric} = [K1 * \text{bandwidth} + (K2 * \text{bandwidth}) / (256 - \text{load}) + K3 * \text{delay}] * [K5 / (\text{reliability} + K4)]$$

Napomena: ne koristi se kada je „K“ vrednost 0.

Vrednost K parametara se menja komandom „metric weights [0] k1 k2 k3 k4 k5“.

U skladu sa proračunom koji se vrši na osnovu Advertised distance (AD) i Feasible distance (FD), prilikom kucanja komande **sh ip eigrp topology** dobijamo vrednost sukcesora¹⁰.

```
R2#sh ip eigrp topology
IP-EIGRP Topology Table for AS(1)/ID(192.168.3.1)

Codes: P - Passive, A - Active, U - Update, Q - Query, R - Reply,
       r - reply Status, s - sia Status

P 10.10.10.0/30, 1 successors, FD is 2681856
   via 10.10.20.2 (2681856/2169856), Serial1/1
P 10.0.0.0/8, 1 successors, FD is 2169856
   via Summary (2169856/0), Null0
P 10.10.20.0/30, 1 successors, FD is 2169856
   via Connected, Serial1/1
P 10.10.30.0/24, 1 successors, FD is 2172416
   via 10.10.20.2 (2172416/28160), Serial1/1
P 192.168.1.0/24, 1 successors, FD is 2172416
   via 192.168.2.2 (2172416/28160), Serial1/0
P 192.168.2.0/24, 1 successors, FD is 2169856
   via Summary (2169856/0), Null0
P 192.168.2.0/30, 1 successors, FD is 2169856
   via Connected, Serial1/0
P 192.168.3.0/24, 1 successors, FD is 28160
   via Connected, FastEthernet0/0
R2#
```

Slika 40 Prikaz successor rutera na ruteru R2

¹⁰ To je neighbor ruter koji ima najoptimalniju putanju (coast) do destinacije, odnosno najmanju vrednost FD. Vise successor može postojati ukoliko imaju istu vrednost FD. Obično u ruting tabeli može biti četiri successor rutera, ali ruter može biti konfigurisan da prihvati do šest odredišta.

2.4 OSPF

OSPF (Open Shortest Path First) predstavlja link state rutinng protokol, prvenstveno prilagođen za IPv4 rutiranje koji je svoju primenu u računarskim mrežama počeo da nalazi krajem 80-tih godina prošlog veka. Najčešće se kaže da ovaj rutinng protokol predstavlja zamenu za RIP protokol. Kod ovog protokola svaki ruter ima celu sliku mrežne topologije. Spada u grupu classless rutinng protokol. Prilagođen je velikim mrežama, brže je konvergencije, nema ograničenja u broju hop-counta i podržava VLSM manuelnu sumarizaciju mreža. Podržava Equal-cost raspodelu opterećenja, multipath rutiranje, kao i rutiranje na osnovu zahteva višeg sloja. Podržava autentifikaciju update paketa. Default administrativna distanca kod OSPF rutinng protokla iznosi 110.



Slika 41 Format poruke OSPF protokola

OSPF hello paketi proveravaju OSPF susede i uspostavljaju „neighbor” odnos. Proučavaju parametre na osnovu kojih dva rutera pristaju da budu susedi – „neighbor“. Biraju DR ruter (Designated Router) i BDR (Backup Designated Router) kod višepristupnih mreža. Kod OSPF rutinng protokola postoje tri vrste tabela: Neighbor tabela, Topology tabela i Rutinng tabela. Pre uspostave „neighbor” odnosa dva susedna rutera formiraju „adjacency preko hello paketa i tada se definišu sledeći parametri: interval hello paketa (10s kod point to point mreža i kod multi-access mreža ili 30s kod frame-relay), dead interval – period koji treba da prođe da bi se susedni ruter proglasio „unrechable“ i tip mreže ili linka. Periodični update paketi kod OSPF rutinng protokola, poznati su pod imenom link-state refresh i šalju se svakih 30 minuta. Link-state između rutera na kojima je uspostavljen OSPF rutinng protokol mora biti sinhronizovan i to podrazumeva sledeće:

LSA mora biti pouzdan, tj mora postojati mehanizam za potvrdu prijema LSA¹¹.

LSA se šalju u okviru zone (area).

¹¹ LSA Link state advertisement, osnovna vid razmene poruka i komunikacije između rutera sa uspostavljenim OSPF rutinng protokolom.

LSA ima broj sekvence, tj brojač koji svaki ruter prepoznaje kako bi znao koja je verzija LSA najsvežija.

LSA se periodično osvežava kako bi potvrdio informaciju o topologiji pre nego što je uvrsti u link-state bazu.

LSA se šalje svim susednim uređajima korišćenjem rezervisane multicast adrese 224.0.0.5.

Kada ruter primi LSA, on vrši ažuriranje link-state baze (LSDB). LSDB se koristi prilikom proračuna najbolje putanje u mreži.

Link State Update paketi mogu da sadrže 11 različitih tipova poruka (Advertisements).

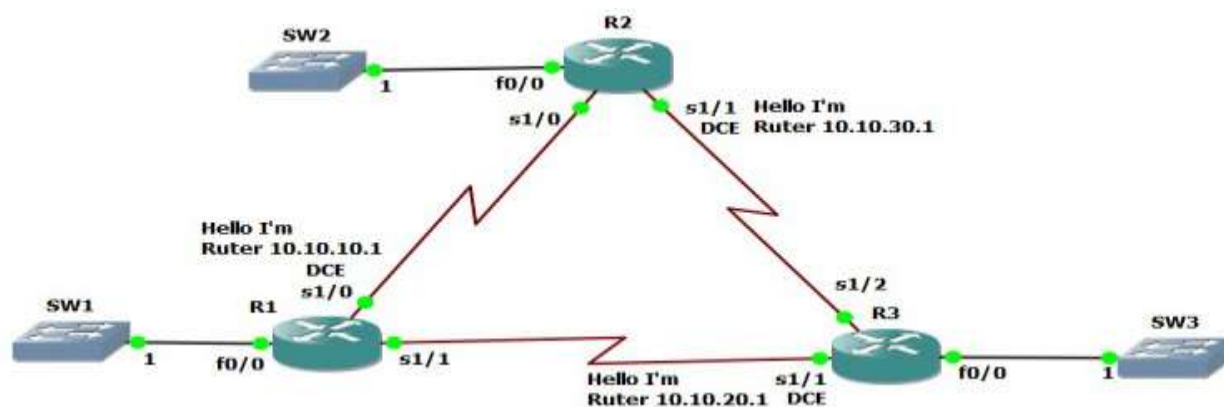
Type	Packet Name	Description
1	Hello	Discovers neighbors and builds adjacencies between them
2	DBD	Checks for database synchronization between router
3	LSR	Requests specific link-state records from router to router
4	LSU	Sends specifically requested link-state records
5	LSAck	Acknowledges the other packet types

- The acronyms LSA and LSU are often used interchangeably.
- An LSU contains one or more LSAs.
- LSAs contain route information for destination networks.
- LSA specifics are discussed in CCNP.

LSA Type	Description
1	Router LSAs
2	Network LSAs
3 or 4	Summary LSAs
5	Autonomous System External LSAs
6	Multicast OSPF LSAs
7	Defined for Not-So-Stubby Areas
8	External Attributes LSA for Border Gateway Protocol (BGP)
9, 10, 11	Opaque LSAs

Slika 42 Tipovi LSU paketa

Link-state ruteri pronalaze najbolji put do odredišta korišćenjem Dijkstra algoritma koji je poznat kao Shortest Path First (SPF). Najbolji put do odredišta se bira iz SPF stabla i smešta se u ruting tabelu.



Slika 43 Razmena hello poruka kod topologije sa uspostavljenim OSPF ruting protokolom

OSPF ruting protokol je tako dizajniran, da skraćivanje pronalaženja najkraće rute do destinacije uzrokuje deljenje mreže na manje delove odnosno zone (areas).

Zona (area) je logička celina OSPF mreža, rutera i linkova sa istim zonskim identifikatorom – brojem. Baza link-state rutera u istoj zoni mora biti sinhronizovana i mora biti u potpunosti ista. Sumarizacija ruta je moguća u različitim zonama.

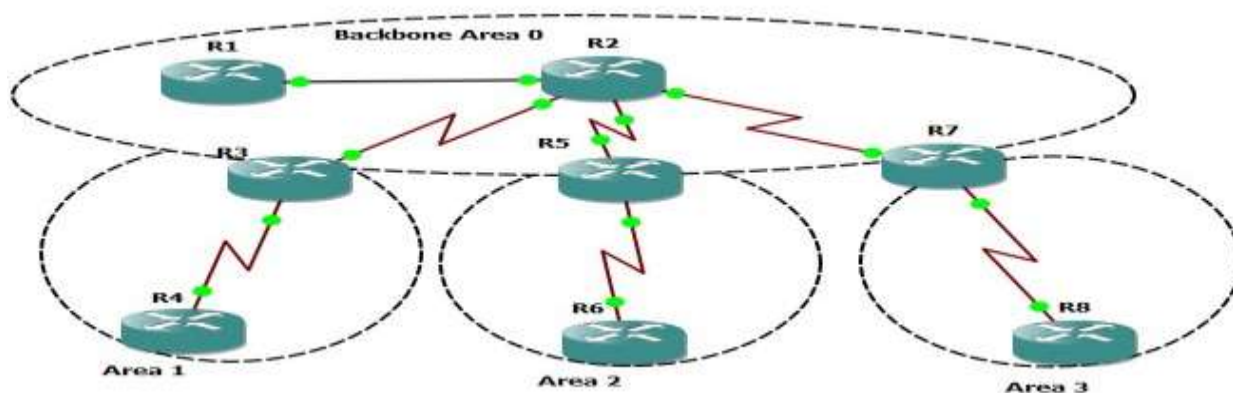
Link-state ruting protokoli koriste dvoslojnu zonsku hijerarhiju i to : Tranzitnu zonu i Regularnu zonu.

Tranzitna zona služi za interkonekciju OSPF zona između pojedinačnih domena. Krajnji korisnici ne mogu biti pronađeni u tranzitnoj zoni. OSPF zona 0 je poznata kao „backbone area“ ili tranzitna zona.

Regularna zona služi za priključenje korisnik. Sav saobraćaj iz ostalih zona mora proći kroz tranzitnu zonu. Regularna zona ili „nonbackbone area“ može sadržati sledeće brojeve:

- standard area,
- stub area, totally
- stubby area,
- non-so-stubby area (NSSA),
- not-so-stubby area (NSSA) totally stubby.

Ruteri unutar zone moraju sadržati detaljnije informacije o linkovima u lokalnim zonama kao i informacije o ruterima i linkovima iz ostalih zona. Kod OSPF ruting protokola, sve zone se moraju priključiti direktno na nultu zonu (area 0) koja je backbone.



Slika 44 Primer konfigurisanih zona sa Backbone Area 0

Prilikom uspostavljanja OSPF ruting protokola, razlikuju se četiri različita tipa rutera i to:

- Internal ruteri: Ruteri čiji su svi interfejsi u istoj zoni i imaju identičnu link state bazu (LSDB),
- Backbone ruteri: ruteri koji su konfigurisani za backbone zonu i imaju najmanje jedan interfejs priključen na zonu 0 (area 0),
- ABR ruter (Area border routers): Ruteri čiji su i interfejsi priključeni na različite zone, koji imaju različite link state baze (LSDB) za svaku od zona na koju su priključeni. Mogu biti konfigurisani da sumarizuju ruting informacije sa svih priključenih zona,

- ASBR ruteri (Autonomous System Boundary Routers): Ruteri koji imaju jedan interfejs priključen na eksternu mrežu (drugi autonomni sistema) ili neku mrežu koja nije OSPF. Ovi ruteri mogu da uvezu informacije iz mreža koje nisu OSPF i taj proces se naziva redistribucija. Na primer, ako je ruter interkonektovan na zonu 0 i na zonu 1 koja nije OSPF, on je i ABR i ASBR ruter.

OSPF ruting protokol razlikuje pet različitih tipova mreža i to:

- Point to point,
- Broadcast Multiaccess,
- Nonbroadcast Multiaccess (NBMA),
- Point to multipoint i
- Virtual links.

Prilikom konfigurisanja interfejsa kod OSPF ruting protokola treba imati na umu odnos cene koštanja i protoka na određenom interfejsu. Odnos se računa: $10^8 / \text{protok u bps}$, a odnos izgleda ovako:

Router R1 R1(config)#interface serial 0/0/0 R1(config-if)#bandwidth 64	=	Router R1 R1(config)#interface serial 0/0/0 R1(config-if)#ip ospf cost 1562
R1(config)#interface serial 0/0/1 R1(config-if)#bandwidth 256	=	R1(config)#interface serial 0/0/1 R1(config-if)#ip ospf cost 390
Router R2 R2(config)#interface serial 0/0/0 R2(config-if)#bandwidth 64	=	Router R2 R2(config)#interface serial 0/0/0 R2(config-if)#ip ospf cost 1562
R2(config)#interface serial 0/0/1 R2(config-if)#bandwidth 128	=	R2(config)#interface serial 0/0/1 R2(config-if)#ip ospf cost 781
Router R3 R3(config)#interface serial 0/0/0 R3(config-if)#bandwidth 256	=	Router R3 R3(config)#interface serial 0/0/0 R3(config-if)#ip ospf cost 390
R3(config)#interface serial 0/0/1 R3(config-if)#bandwidth 128	=	R3(config)#interface serial 0/0/1 R3(config-if)#ip ospf cost 781

Slika 45 Odnos protoka na serijskim interfejsima i cene koštanja prilikom konfigurisanja kod OSPF

Kod konfigurisanja OSPF ruting prokola, podrazumeva se da se cena koštanja određenog interfejsa računa na osnovu njegovog konfigurisanog protoka (kbps).

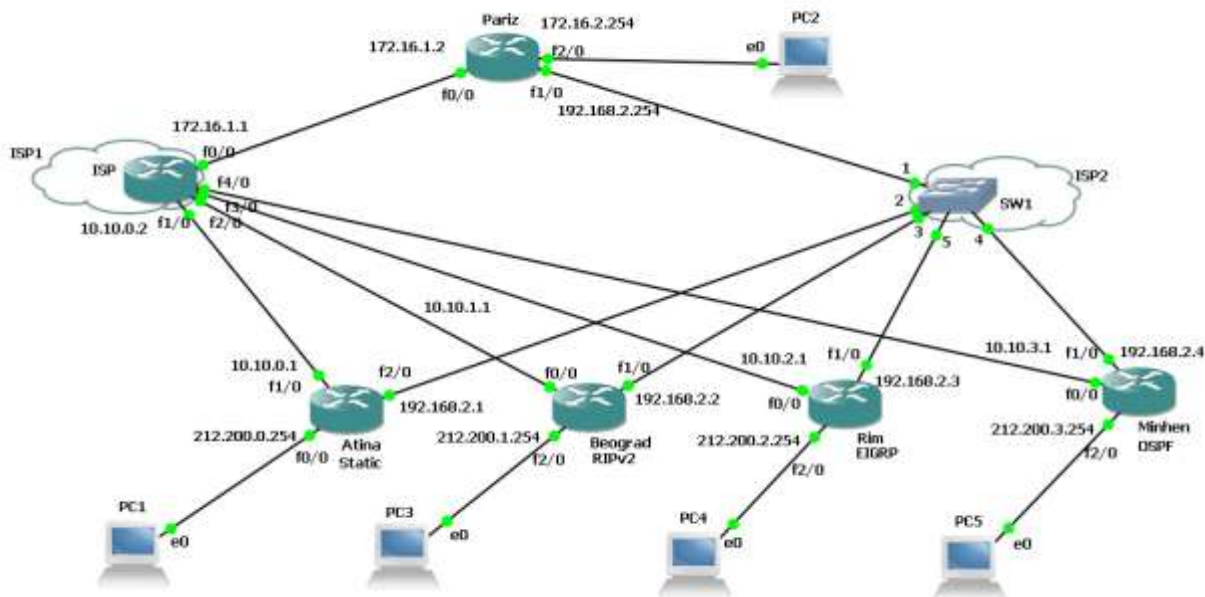
Ručno može biti konfigurisana cena komandom **ip ospf cost <cost>**.

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	$10^8 / 56,000 \text{ bps} = 1785$

Slika 46 Default vrednosti koštanja prema tipu interfejsa kod OSPF ruting protokola

3. Optimizacija mrežnog saobraćaja u okviru jednog autonomnog sistema

Predmet analize i optimizacije mrežnog saobraćaja biće autonomni sistem prikazan na sledećoj slici.



Slika 47 test model mrežne topologije

Na slici je prikazana mrežna topologija jednog autonomnog sistema (centralna lokacija i četiri isturene lokacije) sa osloncem na dva Internet servis provajdera. Za simulaciju mrežne topologije sa slike korišćen je simulacioni softver GNS3. U skladu sa tim, postoji verovatnoća u realnim uslovima dođe do neznatnih odstupanja po pitanju kvaliteta ostvarenog mrežnog saobraćaja. Uzevši u obzir navedeni simulator mrežnog saobraćaja, nisu razmatrani ostali proizvođači aktivne mrežne opreme, već samo CISCO.

Predmet analize i optimizacije mrežnog saobraćaja za navedenu topologiju biće izbor najoptimalnijeg rutinog protokola. U razmatranje će biti uzeti svi aspekti koji utiču na funkcionisanje navedene računarske mreže, konfiguracija i administracija iste. Kao što je prikazano, četiri lokacije su priključene na centralnu lokaciju putem dva Internet servis provajdera. ISP2 predstavlja alternativnu konekciju za slučaj prekida saobraćaja preko ISP1. Svaka od lokacija koristi različiti rutinog protokol do ISP1 i na istom je podignut IPSEC tunel sa centralnom lokacijom. U slučaju prekida saobraćaja između korisnika i ISP1, rutiranje do krajnje radne stanice odvija se preko ISP2 bez zaštite saobraćaja.

Za primarnu konekciju biće korišćena ISP1 koja je ujedno zaštićena i sa većim protokom. Za početak biće uspostavljeni tuneli između rutera na isturenim lokacijama sa ruterom Pariz preko

ISP1. Takođe, uspostavljeni tunel na priornoj ruti mogu biti i zaštićeni radi zaštite narušavanja integriteta saobraćaja i eventualne zloupotreba resursa. Pregled konfigurisanih rutera biće prikazan kroz slike koje slede.

3.1 Optimizacija statičkim rutiranjem

```
interface Tunnel0
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.252
 ip mtu 1400
 tunnel source 10.10.0.1
 tunnel destination 172.16.1.2
!
interface FastEthernet0/0
 description ISP1
 ip address 10.10.0.1 255.255.255.0
 duplex half
!
interface FastEthernet1/0
 description ISP2
 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
 duplex auto
 speed auto
!
interface FastEthernet1/1
 description LAN
 ip address 212.200.0.254 255.255.255.0
 duplex auto
 speed auto
!
ip forward-protocol nd
ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 10.10.0.2
ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 172.16.1.2 10
ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 192.168.2.254 20
no ip http server
no ip http secure-server
!
!
!
no cdp log mismatch duplex
!
!
!
Atina#sh ip inte bri
```

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
FastEthernet0/0	10.10.0.1	YES	manual	up	up
FastEthernet1/0	192.168.2.1	YES	manual	up	up
FastEthernet1/1	212.200.0.254	YES	manual	up	up
Tunnel0	1.1.1.1	YES	manual	up	up

```
Atina#
```

Slika 48 Pregled konfigurisanih interfejsa i ruta na ruteru Atina

Da bi usmerili saobraćaj preko ISP1 potrebno je da vrednost administrativne distance na ruterima Atina i Pariz za rutu preko ISP1 postavimo na vrednost 10 i vrednost administrativne distance za rutu preko ISP2 postavimo na vrednost 20.

```
Atina(config)#ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 172.16.1.2 10
Atina(config)#ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 192.168.2.254 20
```

Slika 49 Konfiguracija statičke ruta na ruteru Atina preko ISP1 i ISP2

```
Pariz(config)#ip route 212.200.0.0 255.255.255.0 172.16.1.1 10
Pariz(config)#ip route 212.200.0.0 255.255.255.0 192.168.2.1 20
```

Slika 50 Konfiguracija statičkih ruta na ruteru Pariz preko ISP1 i ISP2

Na osnovu realizovanog testiranja, dolazimo do sledećih rezultata:

Ukoliko dođe do pada izlaznih interfejsa na tunelu 0 (ruter Atina i ruter Pariz) saobraćaj će biti automatski preusmeren na alternativnu rutu sa većom administrativnom distancom. U slučaju da dođe do pada interfejsa na ISP1, primarna ruta mora biti izbrisana iz konfiguracije rutera Atina i Pariz, uprotivnom doći će do prekida saobraćaja.

Komandom ping proveravamo dostupnost željenog interfejsa na ruteru Pariz.

```
PC1> ping 172.16.2.254
84 bytes from 172.16.2.254 icmp seq=1 ttl=254 time=77.999 ms
```

Slika 51 ping WAN interfejsa za mrežu 172.16.2.0 sa računara PC1 preko ISP1

```
PC1> trace 172.16.2.1
trace to 172.16.2.1, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  212.200.0.254    15.600 ms  15.599 ms  15.600 ms
 2  172.16.1.2      77.999 ms  77.999 ms  77.999 ms
 3  * * *
 4  *172.16.2.1     93.599 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

Slika 52 ping radne stanice PC2 sa PC1 preko ISP1 u prikaz cvornih tacaka prolaska paketa

```
Atina#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Atina(config)#int fa 0/0
Atina(config-if)#shut
Atina(config-if)#exi
Atina(config)#ei
*Apr  4 15:06:34.552: %LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to administratively down
*Apr  4 15:06:35.552: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to down
Atina(config)#ex
```

Slika 53 obaranje interfejsa fa 0/0 na ruteru Atina

```
PC1> trace 172.16.2.1
trace to 172.16.2.1, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  212.200.0.254    15.600 ms  15.600 ms  15.600 ms
 2  192.168.2.254    46.799 ms  46.800 ms  46.799 ms
 3  * * *
 4  *172.16.2.1     62.399 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

Slika 54 ping radne stanice PC2 sa PC1 preko ISP2 u prikaz cvornih tacaka prolaska paketa

Za slučaj da postoji problem sa tullelom i putanjom preko ISP1 iz bilo kog razloga, potrebno je sa rutera Atina i Pariz izbrisati statičke rute koje vode preko ISP1, jer u protivnom saobraćaj neće biti preusmeren automatski.

Predlog prevezilaženja ovog problema u literaturi je poznat putem konfiguracije SLA¹² i korišćenjem EEM¹³ skripte.

¹² SLA Service Level Agreements - funkcionalnost CISCO uređaja na osnovu koje se vrši nadzor i analiza mrežnog saobraćaja.

¹³ EEM Embedded Event Manager - funkcionalnost CISCO uređaja na osnovu koje procesi mogu biti automatizovani korišćenjem različitih skripti.

EEM konfiguracije na ruterima.

Na ruterima **Pariz** i **Atina** potrebno je pored definisanja administrativne distance za rute koje idu preko ISP1 i ISP2 konfigurisati praćenje dostupnosti porta na tunelu na ruteru **Atina** (sa rutera Pariz) praćenje dostupnosti porta na tunelu na ruteru **Pariz** (sa rutera Atina) i napisati skriptu za automatsko brisanje primarne rute koja u datom momentu nije u funkciji. Na ovaj način, ukoliko port na ruteru Atina, koji se prati putem konfigurisanog IP SLA, nije dostupan, tunel nije u funkciji, radi obezbeđenja neprekidnosti saobaraćaja, rutiranje mora biti obezbeđeno preko ISP2.

```
Pariz(config)#ip sla 1
Pariz(config-ip-sla)#icmp-echo 10.10.0.1
Pariz(config-ip-sla-echo)#frequency 10
Pariz(config-ip-sla-echo)#ip sla schedule 1 start-time now life forever
Pariz(config)#track 1 ip sla 1 reachability
```

Slika 55 konfigurisanje praćenja dostupnosti porta na tunelu rutera Atina sa rutera Pariz

Nakon konfigurisanja praćenja porta na tunelu potrebno je konfigurisati EEM skriptu za brisanje primarne rute u slučaju problema na linku preko ISP1.

```
Pariz(config)#event manager applet ISP1
Pariz(config-applet)#event syslog pattern "1 ip sla 1 reachability Up->Down"
Pariz(config-applet)#action 0.0 cli command "enable"
Pariz(config-applet)#action 0.1 cli command "configure terminal"
Pariz(config-applet)#action 0.2 cli command "no ip route 212.200.0.0 255.255.255.0 10.10.0.1 10"
Pariz(config-applet)#action 0.3 cli command "ip route 212.200.0.0 255.255.255.0 192.168.2.1 20"
Pariz(config-applet)#event manager applet ISP2
Pariz(config-applet)#event syslog pattern "1 ip sla 1 reachability Down->Up"
Pariz(config-applet)#action 0.0 cli command "enable"
Pariz(config-applet)#action 0.1 cli command "configure terminal"
Pariz(config-applet)#action 0.2 cli command "no ip route 212.200.0.0 255.255.255.0 192.168.2.1 20"
Pariz(config-applet)#action 0.3 cli command "ip route 212.200.0.0 255.255.255.0 10.10.0.1 10"
```

Slika 56 konfigurisanje skripte za brisanje primarne rute na ruteru Pariz

Ovaj isti postupak potrebno je ponoviti i na drugom kraju tunela, tj ruteru Atina. Dakle potrebno je konfigurisati praćenje dostupnosti porta na kraju tunela, tj interfej na ruteru Pariz i nakon toga konfigurisati skripte za brisanje i dodavanje statičkih ruta u slučaju da link preko ISP1 ne bude u funkciji.

```
Atina(config)#ip sla 1
Atina(config-ip-sla)#icmp-echo 172.16.1.2
Atina(config-ip-sla-echo)#frequency 10
Atina(config-ip-sla-echo)#ip sla schedule 1 start-time now life forever
Atina(config)#track 1 ip sla 1 reachability
```

Slika 57 konfigurisanje praćenja dostupnosti porta na tunelu rutera Pariz sa rutera Atina

```
Atina(config)#event manager applet ISP1
Atina(config-applet)#event syslog pattern "1 ip sla 1 reachability Up->Down"
Atina(config-applet)#action 0.0 cli command "enable"
Atina(config-applet)#action 1.0 cli command "configure terminal"
Atina(config-applet)#action 2.0 cli command "no ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 172.16.1.2 10"
Atina(config-applet)#action 3.0 cli command "ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 192.168.2.254 20"
Atina(config-applet)#event manager applet ISP2
Atina(config-applet)#event syslog pattern "1 ip sla 1 reachability Down->Up"
Atina(config-applet)#action 0.0 cli command "enable"
Atina(config-applet)#action 1.0 cli command "configure terminal"
Atina(config-applet)#action 2.0 cli command "no ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 192.168.2.1 20"
Atina(config-applet)#action 3.0 cli command "ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 172.16.1.2 10"
```

Slika 58 konfigurisanje skripte za brisanje primarne rute na ruteru Atina

Na ovaj način omogućeno je automatsko prebacivanje saobraćaja na alternativni link.

Statičke rute na ruterima Atina i Pariz bi trebalo da budu konfigurisane tako da primarna ruta ima veću administrativnu distancu u odnosu na alternativnu. Za potrebe testiranja, primarnoj ruti predefinisana vrednost administrativne distance iznosi 10, dok je za alternativnu 20.

Funkcionisanje automatskog prebacivanja statički konfigurisanih ruta može se proveriti na ruterima Atina i Pariz komandama ping i traceroute. Za ovakav vid testiranja na ruteru ISP1 interfejs fa0/0 postavljamo u shutdown i no shutdown status. Na sledećim slikama prikazano šta se praktično dešava na ruteru Pariz.

```
ISP1(config-if)#shut
ISP1(config-if)#
*Apr 14 12:49:00.367: %LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to administrati
*Apr 14 12:49:01.367: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed
ISP1(config-if)#no shut
ISP1(config-if)#
*Apr 14 12:49:38.495: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
*Apr 14 12:49:39.495: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed
ISP1(config-if)#
```

Slika 59 postavljanje interfejsa fa0/0 na ruteru ISP1 u shut i vraćanje u rad komandom no shut

```
Pariz#ping 212.200.0.254

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 212.200.0.254, timeout is 2 seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 36/60/80 ms
Pariz#traceroute 212.200.0.254

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 212.200.0.254

 0 172.16.1.1 20 msec 12 msec 44 msec
 1 10.10.0.1 52 msec 80 msec 56 msec
Pariz#traceroute 212.200.0.254
*Apr 14 12:49:31.799: %TRACKING-5-STATE: 1 ip sla 1 reachability Up->Down
*Apr 14 12:49:31.959: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by vty0
Pariz#ping 212.200.0.254

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 212.200.0.254, timeout is 2 seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 28/32/40 ms
Pariz#traceroute 212.200.0.254

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 212.200.0.254

 0 192.168.2.1 40 msec 32 msec 28 msec
Pariz#ping 212.200.0.254

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 212.200.0.254, timeout is 2 seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 52/63/76 ms
Pariz#
*Apr 14 12:50:01.799: %TRACKING-5-STATE: 1 ip sla 1 reachability Down->Up
*Apr 14 12:50:01.915: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by vty0
Pariz#traceroute 212.200.0.254

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 212.200.0.254

 0 172.16.1.1 36 msec 32 msec 32 msec
 1 10.10.0.1 60 msec 64 msec 64 msec
Pariz#
```

Slika 60 ping Default Gateway interfejsa na ruteru Atina u vreme obaranja porta na ISP, prelazak na alternativnu rutu i vraćanje na primarnu rutu nakon podizanja porta u status Up na ruteru ISP1

3.2 Optimizacija RIPv2 rutiranjem

Da bismo konfigurisali RIPv2 protokol na identičnoj mrežnoj topologiji sa istim ruterima, neophodno je da sa rutera izbrisemo konfigurisane statičke rute koje su korišćene za potrebe testiranja statičkog rutiranja i da na ruterima proglasimo aktuelne mreže koje su priključene na njih. Na sledećim slikama biće predstavljene konfiguracije rutera Pariz, Beograd i ISP1 za RIPv2 ruting protokol.

Na ruteru Beograd i ruteru Pariz uspostavicemo GRE tunel i to će ujedno biti primarna ruta preko ISP1, dok će alternativna ruta biti preko L2 swiča, u ovom slučaju ISP2. Za alternativnu rutu smatramo da je nižeg protoka. S obzirom na to da se radi o dinamičkom ruting protokolu, znatno je lakša konfiguracija automatskog prebacivanja na alternativnu rutu u odnosu na statički ruting protokol.

Da bi forsirali rutu preko ISP1 u odnosu na alternativnu rutu preko ISP2, potrebno je da uraditi sledeće:

- konfigurisanje *offset* liste u dolazećem i odlazećem smeru na ruterima Beograd i Atina i
- konfigurisanje *access* liste na ruterima Beograd i Atina.

Offset listom veštački menjamo broj rutera na trasi do destinacione mreže, dok *access* listom dozvoljavamo ažuriranje ruting tabele za određeni interfejs (u našem slučaju, dozvoljavamo *update* preko alternativne rute tj interfejsa). Na ovaj način primarna ruta ima manji broj *hop count* do odredišta (mreža 172.16.2.0) i alternativna ruta se propušta samo u slučaju problema sa rutom preko ISP1. Sve do god je aktivna primarna ruta, alternativna se neće prikazivati u ruting tabeli. Za potrebe testiranja, alternativnoj ruti dodeljna vrednost *hop counta* je 5.

Na sledećim slikama biće ilustrovana konfiguracija rutera za testirani autonomni sistem, kao i praćenje preusmeravanja saobraćaja za slučaj problema sa primarnim linkom preko ISP1.

```
Beograd#sh ip int brs
Interface IP-Address OK? Method Status Protocol
FastEthernet0/0 10.10.1.1 YES manual up up
FastEthernet1/0 192.168.2.2 YES manual up up
FastEthernet2/0 212.200.1.254 YES manual up up
FastEthernet2/1 unassigned YES unset administratively down down
Tunnel0 1.1.1.1 YES manual up up
Beograd#

router rip
version 2
offset-list 1 in 5 FastEthernet1/0
offset-list 1 out 5 FastEthernet1/0
network 10.0.0.0
network 192.168.2.0
network 212.200.1.0
no auto-summary

ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server

access-list 1 permit 172.16.0.0 0.0.255.255

Beograd#ping 172.16.2.254
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.2.254, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 12/41/60 ms
Beograd#trace 172.16.2.254
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.16.2.254

 0 10.10.1.2 40 msec 24 msec 32 msec
 1 172.16.1.2 36 msec 48 msec 44 msec
Beograd#
```

Slika 61 konfiguracija interfejsa, ruta, offset i access lista na ruteru Beograd i provera dostupnosti mreže priključene na ruter Pariz

Sa prethodno navedenih ilustracija vidi se da se do odredišta, mreže 172.16.2.0 dolazi preko primarne rute, odnosno preko ISP1. Isti postupak ponavljamo i na ruteru Pariz

Nakon postavljanja porta na ruteru ISP1 u status *down* proveramo dostupnost mreže 172.16.2.0 sa rutera Beograd, kao i putanju prolaska paketa. Prethodno proveravamo ruting tabelu i dobijamo sledeće rezultate:

```
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    1.0.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
C       1.1.1.0 is directly connected, Tunnel0
    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
R       172.16.1.0 [120/6] via 192.168.2.254, 00:00:14, FastEthernet1/0
R       172.16.2.0 [120/6] via 192.168.2.254, 00:00:14, FastEthernet1/0
C       212.200.1.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
    10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
R       10.10.0.0 [120/2] via 192.168.2.254, 00:00:14, FastEthernet1/0
C       10.10.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
Beograd#ping 172.16.2.254

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.2.254, timeout is 2 seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 28/32/40 ms
Beograd#trace 172.16.2.254

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.16.2.254

  0  1 192.168.2.254 40 msec 24 msec 32 msec
Beograd#
```

Slika 62 Pregled ruting tabele na ruteru Beograd nakon obaranja porta na ruteru ISP1 i proveru dostupnosti mreže sa 172.16.2.0 na ruteru Pariz preko ISP2

Sama konfigisanje RIPv2 protokola na ovom test modelu je znatno jednostavnije u odnosu na konfiguraciju statičkog rutiranja i kada postoji potreba da se vrši optimizacija saobraćaja u pogledu forsiranja primarnih pravaca..

3.3 Optimizacija EIGRP rutiranjem

Korišćenje dinamičkih ruting protokola za ovakav vid mrežne topologije predstavlja znatno olakšanje jer nije potrebno veštački usmeravati saobraćaj promenom K parametara, već se to obavlja automatski na osnovu trenutnih parametara mreže. S obzirom na to da je link preko ISP1 većeg protoka od linka ISP2, saobraćaj će biti realizovan preko rutera ISP1 do krajnjeg odredišta, u našem slučaju mreže 172.16.2.0.

Pregled konfiguracija rutera i analize saobraćaja realizovanog preko EIGRP ruting protokola biće prikazan kroz nekoliko narednih slika.

```
Pariz#sh ip inte bri
Interface                               IP-Address      OK? Method Status      Protocol
FastEthernet0/0                         172.16.1.2      YES manual up          up
FastEthernet1/0                         172.16.2.254    YES manual up          up
FastEthernet1/1                         192.168.2.254   YES manual up          up
Pariz#

Pariz#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        I - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
        o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C       172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.16.2.0 is directly connected, FastEthernet1/0
    10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
D       10.10.2.0 [90/30720] via 172.16.1.1, 00:07:14, FastEthernet0/0
D       212.200.2.0/24 [90/33280] via 172.16.1.1, 00:07:14, FastEthernet0/0
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/1
Pariz#

IP-EIGRP (AS 1): Topology entry for 172.16.1.0/24
State is Passive, Query origin flag is 1, 1 Successor(s), FD is 28160
Routing Descriptor Blocks:
  0.0.0.0 (FastEthernet0/0), from Connected, Send flag is 0x0
    Composite metric is (28160/0), Route is Internal
    Vector metric:
      Minimum bandwidth is 100000 Kbit
      Total delay is 100 microseconds
      Reliability is 255/255
      Load is 1/255
      Minimum MTU is 1500
      Hop count is 0
  192.168.2.3 (FastEthernet1/1), from 192.168.2.3, Send flag is 0x0
    Composite metric is (58880/30720), Route is Internal
    Vector metric:
      Minimum bandwidth is 50000 Kbit
      Total delay is 300 microseconds
      Reliability is 255/255
      Load is 1/255
      Minimum MTU is 1500
      Hop count is 2
Pariz#

Pariz# sh ip eigrp 1 topology 192.168.2.0/24
IP-EIGRP (AS 1): Topology entry for 192.168.2.0/24
State is Passive, Query origin flag is 1, 1 Successor(s), FD is 53760
Routing Descriptor Blocks:
  0.0.0.0 (FastEthernet1/1), from Connected, Send flag is 0x0
    Composite metric is (53760/0), Route is Internal
    Vector metric:
      Minimum bandwidth is 50000 Kbit
      Total delay is 100 microseconds
      Reliability is 255/255
      Load is 1/255
      Minimum MTU is 1500
      Hop count is 0
Pariz#
```

Slika 63 Pregled konfiguracije rutera Pariz i prikaz ruting tabele sa interfejsima prema ISP1 i ISP2

```
Rim#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
D       172.16.1.0 [90/56320] via 192.168.2.254, 00:00:05, FastEthernet1/1
        [90/30720] via 10.10.2.2, 00:00:05, FastEthernet1/0
D       172.16.2.0 [90/56320] via 192.168.2.254, 00:00:05, FastEthernet1/1
        [90/33280] via 10.10.2.2, 00:00:05, FastEthernet1/0
    10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C       10.10.2.0 is directly connected, FastEthernet1/0
C       212.200.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/1
Rim#

Pariz# sh ip eigrp 1 topology 192.168.2.0/24
IP-EIGRP (AS 1): Topology entry for 192.168.2.0/24
  State is Passive, Query origin flag is 1, 1 Successor(s), FD is 53760
  Routing Descriptor Blocks:
    0.0.0.0 (FastEthernet1/1), from Connected, Send flag is 0x0
    Composite metric is (53760/0), Route is Internal
    Vector metric:
      Minimum bandwidth is 50000 Kbit
      Total delay is 100 microseconds
      Reliability is 255/255
      Load is 1/255
      Minimum MTU is 1500
      Hop count is 0
Pariz#

IP-EIGRP (AS 1): Topology entry for 172.16.1.0/24
  State is Passive, Query origin flag is 1, 1 Successor(s), FD is 28160
  Routing Descriptor Blocks:
    0.0.0.0 (FastEthernet0/0), from Connected, Send flag is 0x0
    Composite metric is (28160/0), Route is Internal
    Vector metric:
      Minimum bandwidth is 100000 Kbit
      Total delay is 100 microseconds
      Reliability is 255/255
      Load is 1/255
      Minimum MTU is 1500
      Hop count is 0
    192.168.2.3 (FastEthernet1/1), from 192.168.2.3, Send flag is 0x0
    Composite metric is (58880/30720), Route is Internal
    Vector metric:
      Minimum bandwidth is 50000 Kbit
      Total delay is 300 microseconds
      Reliability is 255/255
      Load is 1/255
      Minimum MTU is 1500
      Hop count is 2
Pariz#
```

Slika 64 Pregled konfiguracije rutera Rim i prikaz ruting tabele sa interfejsima prema ISP1 i ISP2

Ukoliko dođe do pada interfejsa na ISP1, saobraćaj će biti preusmeren na ISP2, što možemo proveriti obaranjem interfejsa na ISP1.

```
ISP1(config-if)#shut
ISP1(config-if)#
*Apr 17 12:20:26.175: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 10.10.2.1 (FastEthernet0/0) is down: interface down
ISP1(config-if)#
*Apr 17 12:20:28.147: %LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to administratively down
ISP1(config-if)#
*Apr 17 12:20:28.147: %ENTITY_ALARM-6-INFO: ASSERT INFO Fa0/0 Physical Port Administrative State Down
*Apr 17 12:20:29.147: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to down
ISP1(config-if)#
*Apr 17 12:20:59.379: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 10.10.2.2 (FastEthernet1/0) is down: holding time expired
Rim#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
D       172.16.1.0 [90/56320] via 192.168.2.254, 00:00:05, FastEthernet1/1
D       172.16.2.0 [90/56320] via 192.168.2.254, 00:00:05, FastEthernet1/1
    10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C       10.10.2.0 is directly connected, FastEthernet1/0
C       212.200.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/1
Rim#
Rim#trace 172.16.2.254

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.16.2.254
  0 192.168.2.254 64 msec 76 msec 136 msec
Rim#
*Apr 17 12:28:15.443: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 10.10.2.2 (FastEthernet1/0) is up: new adjacency
Rim#trace 172.16.2.254

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.16.2.254
  0 10.10.2.2 64 msec 144 msec 96 msec
  1 172.16.1.2 204 msec 172 msec 132 msec
Rim#
```

Slika 65 Pregled konfiguracije rutera Rim i prikaz ruting tabele sa interfejsima prema ISP1 i ISP2

Sve dodatne funkcionalnosti koje podržava EIGRP ruting protokol, su za konkretnu mrežnu topologiju izvodljive, ali za ovaj slučaj i navedeni primer, vidi se da sa minimalnom konfiguracijom parametara na svim aktivnim mrežnim uređajima dolazimo do željenog cilja, odnosno automatsko prebacivanje saobraćaja na alternativnu rutu.

3.4 Optimizacija OSPF rutiranjem

Konfiguracija OSPF ruting protokola za test model mrežnu topologiju je prilično jednostavna. Prilikom konfiguracije rutera svi parametri koji utiču na ruting protokol biće nepromenjeni, nakon čega ćemo proveriti ruting tabelu i saobraćaj forsirati preko ISP1 dok će ISP2 biti korišćen kao *backUp* link. Za potrebe testiranja mrežne topologije neće biti korišćen tunel između početne i krajnje destinacije preko ISP1 kao što je to bio slučaj ranije.

Konfiguracije rutera Minhen i Pariz biće predstavljene kroz nekoliko narednih slika:

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
FastEthernet0/0	10.10.3.1	YES	manual	up	up
FastEthernet1/0	192.168.2.4	YES	manual	up	up
FastEthernet2/0	212.200.3.254	YES	manual	up	up
GigabitEthernet3/0	unassigned	YES	unset	administratively down	down

Minhen#

Slika 66 konfigurisani interfejsi na ruteru Minhen

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
FastEthernet0/0	172.16.1.2	YES	NVRAM	up	up
FastEthernet1/0	172.16.2.254	YES	NVRAM	up	up
FastEthernet1/1	192.168.2.254	YES	NVRAM	up	up
Tunnel0	1.1.1.2	YES	NVRAM	up	down

Pariz#

Slika 67 konfigurisani interfejsi na ruteru Pariz

Nakon konfigurisanja interfejsa prema ISP1, ISP2 i lokalnim računarskim mrežama, potrebno je te mreže oglasiti putem OSPF ruting protokola, za potrebe testiranja to će biti zona 1.

OSPF ruting protokol konfiguriramo na sledeći način:

Minhen#

Minhen#configure terminal

Minhen(config)#router ospf 1

Minhen(config-router)#network 212.200.3.0 0.0.0.255 area 1

Minhen(config-router)#network 10.10.3.0 0.0.0.255 area 1

Minhen(config-router)#network 192.168.3.0.3.0 0.0.0.255 area 1

Pariz#

Pariz#configure terminal

Pariz(config)#router ospf 1

Pariz(config-router)#network 172.16.2.0 0.0.0.255 area 1

Pariz(config-router)#network 172.16.1.0 0.0.0.255 area 1

Pariz(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 1

Potrebno je da OSPF ruting protokol bude podignut i na ruteru ISP1. Nakon konfigurisanja parametara OSPF ruting protokola na ruterima Pariz i Minhen proveravamo ruting tabele i putanje kretanja paketa za podignuti OSPF ruting protokol.

```
Pariz#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C      172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      172.16.2.0 is directly connected, FastEthernet1/0
    10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O      10.10.3.0 [110/2] via 192.168.2.4, 00:00:21, FastEthernet1/1
           [110/2] via 172.16.1.1, 00:51:50, FastEthernet0/0
O     212.200.3.0/24 [110/2] via 192.168.2.4, 00:00:21, FastEthernet1/1
C     192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/1
Pariz#
```

Slika 68 rutinɡ tabela rutera Pariz

```
Minhen#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O      172.16.1.0 [110/2] via 192.168.2.254, 00:03:24, FastEthernet1/0
           [110/2] via 10.10.3.2, 00:51:43, FastEthernet0/0
O      172.16.2.0 [110/2] via 192.168.2.254, 00:03:24, FastEthernet1/0
    10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      10.10.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C     212.200.3.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
C     192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
Minhen#
```

Slika 69 69 - rutinɡ tabela rutera Minhen

Proveravamo dostupnost mreže 172.16.2.0 sa rutera Minhen i dobijamo sledeći da se do mreže 172.16.2.0 dolazi preko ISP2 što u našem slučaju nije cilj, jer želimo da saobraćaj forsiramo preko ISP1 gde bi kreirali tunel i gde bi ostvarivali saobraćaj sa većim protokom..

```
Minhen#ping 172.16.2.254

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.2.254, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 28/32/36 ms
Minhen#trace 172.16.2.254

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.16.2.254

 0 172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
 1 192.168.2.254 40 msec 32 msec 32 msec
Minhen#
```

Slika 70 provera dostupnosti mreže 172.16.2.0 sa rutera Minhen

Za početak ćemo podesiti protok na interfejsima rutera Pariz i Minhen prema ISP1 da budu 100Mbps, dok ćemo protok prema ISP2 podesiti da bude upola slabiji, tj 50Mbps. Nakon promjenjenog protoka, sa rutera Minhen proveravamo dostupnost mreže 172.16.2.0, putanju kretanja paketa i ruting tabelu rutera Minhen.

```
Minhen#trace 172.16.2.254

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.16.2.254

 0 172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
 1 192.168.2.254 40 msec
 10.10.3.2 40 msec
 192.168.2.254 28 msec
Minhen#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

 172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O       172.16.1.0 [110/2] via 10.10.3.2, 01:08:14, FastEthernet0/0
O       172.16.2.0 [110/3] via 192.168.2.254, 00:01:57, FastEthernet1/0
        [110/3] via 10.10.3.2, 00:01:57, FastEthernet0/0
 10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C       10.10.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       212.200.3.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
Minhen#
```

Slika 71 provera dostupnosti mreže 172.16.2.0 sa rutera Minhen pri promjenjenim protocima na interfejsima prema ISP1 i ISP2 i prikaz ruting tabele rutera Minhen

Vidimo da se do odredišta dolazi i preko IPS1 i preko ISP2, što nije cilj, pa ćemo forsirati saobraćaj preko rute ISP2. Da bismo ovo postigli, cenu koštanja ćemo za OSPF protokol, na linkovima rutera Pariz i Minhen prema ISP2 konfigurisati na vrednost 7000.

```
Minhen(config)#int fa 1/0
Minhen(config-if)#ip ospf cost 7000
Minhen(config-if)#exi
```

```
interface FastEthernet1/0
description ISP2
bandwidth 50000
ip address 192.168.2.4 255.255.255.0
ip ospf cost 7000
duplex half
```

Slika 72 konfigurisanje cene koštanja na interfejsu rutera Minhen i pregled konfigurisanog interfejsa prema ISP2

Na isti način potrebno je konfigurisati interfejs prema ISP2 i dobijamo sledeće:

```
Pariz(config)#int fa1/1
Pariz(config-if)#ip ospf cost 7000
Pariz(config-if)#exi
Pariz(config)#
```

```
interface FastEthernet1/1
description ISP2
bandwidth 50000
ip address 192.168.2.254 255.255.255.0
ip ospf cost 7000
duplex auto
speed auto
```

Slika 73 konfigurisanje cene koštanja na interfejsu rutera Pariz i pregled konfigurisanog interfejsa prema ISP2

Nakon podešavanja ovih parametara, proveravamo dostupnost mreže 172.16.2.0 sa rutera Minhen i dolazimo do željene situacije, tj da se saobraćaj trasira preko ISP1, a da u slučaju pada interfejsa na istom bude preusmeren na ISP2.

```
Minhen#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

 172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O   172.16.1.0 [110/3] via 10.10.3.2, 02:49:37, FastEthernet0/0
O   172.16.2.0 [110/3] via 10.10.3.2, 01:43:20, FastEthernet0/0
 10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C   10.10.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C   212.200.3.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
C   192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
Minhen#
```

Slika 74 - prikaz rute ka mreži 172.16.2.0 preko ISP1 na rutera Minhen

```
Minhen#trace 172.16.2.254
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.16.2.254
 0 10.10.3.2 36 msec 28 msec 36 msec
 1 172.16.1.2 64 msec 60 msec 64 msec
Minhen#
```

Slika 75 provera dostupnosti mreže 172.16.2.0 preko ISP1 uz prikaz prolaska kroz aktivne mrežne uređaje

Isti ovaj postupak potrebno je ponoviti na uređaju Pariz, nakon čega obaramo port na ISP1 i vršimo proveru da li je mreža 172.16.2.0 i dalje dostupna i kako dolazimo do nje.

```
ISP1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
ISP1(config)#inte fa 2/1
ISP1(config-if)#shut
ISP1(config-if)#
*Apr 21 15:49:05.851: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 212.200.2.254 on FastEthernet2/1 from FULL to DOWN, Neighbor Down: Interface down or detached
ISP1(config-if)#
```

Slika 76 Obaranje interfejsa na ISP1 prema ruteru Minhen

```
Minhen#
*Apr 21 15:48:49.395: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 172.16.1.1 on FastEthernet0/0 from FULL to DOWN, Neighbor Down: Dead timer expired
Minhen#trace 172.16.2.254

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.16.2.254
  0 172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
    O   172.16.1.0 [110/7001] via 192.168.2.254, 00:02:18, FastEthernet1/0
    O   172.16.2.0 [110/7001] via 192.168.2.254, 00:02:18, FastEthernet1/0
  1 192.168.2.254 48 msec 20 msec 44 msec
Minhen#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O       172.16.1.0 [110/7001] via 192.168.2.254, 00:02:18, FastEthernet1/0
O       172.16.2.0 [110/7001] via 192.168.2.254, 00:02:18, FastEthernet1/0
    10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C       10.10.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       212.200.3.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
Minhen#
```

Slika 77 Dolazak do destinacione mreže putem ISP2

Zaključak

Imajući u vidu opisane načine rutiranja mrežnog saobraćaja, a u skladu sa analizom koja je vršena na mrežnoj topologiji predstavljenog primera na simulacionom softveru GNS3, možemo zaključiti sledeće:

Statičko rutiranje ostavlja mogućnost konfigurisanja alternativnog pravca za slučaj prestanka distribucije saobraćaja preko primarnog Internet servis provajdera, uz korišćenje skripti za brisanje primarne rute. Ovaj način kreiranja alternativne rute nije previše komplikovan i sam po sebi predstavlja prednost jer kod statičkog rutiranja ne postoji ograničenje u pogledu opreme koja se koristi za kreiranje mrežne topologije i tipu opreme. Ovaj način kreiranja alternativnih ruta je preporučljiv kod manjih topologija sa manjim brojem aktivnih mrežnih uređaja, gde nema čestih promena. Sintaksne greške mogu dovesti do nefunkcionisanja pojedinih linkova na kreiranim trasama.

Kada se radi o dinamičkom rutiranju, kao što je već prikazano prilikom korišćenja ruting protokola RIP verzije 2, za filtriranje ruta, kada imamo nekoliko servis provajdera i kada je potrebno forsirati saobraćaj u određenom smeru, neophodno je kreiranje *offset* listi za ulazni i izlazni saobraćaj, kao i kreiranje odgovarajućih *access* listi koje vrše filtriranje saobraćaja za željenu mrežu. Ukoliko je mrežna topologija komplikovanija i postoji veći broj rutera u istoj, izmenom vrednosti *hop-counta* možemo simulirati određenu trasu kao najbolju i na taj način mrežni saobraćaj usmeravati u željenom smeru. Sa aspekta bezbednosti, kreiranja tunela i drugih funkcionalnosti, dinamički ruting protokol RIPv2 u potpunosti odgovara prostijim mrežnim topologijama i u našem slučaju jednostavniji je za konfigurisanje od statičkog rutiranja. RIPv2 je takođe podržan od strane različitih proizvođača i sa tog aspekta spada u ruting protokole koji imaju široku upotrebu. Konfigurisanje test mrežne topologije sa primera nije naišlo na iskorišćenje svih funkcionalnosti koje pružaju ruting protokoli EIGRP i OSPF. Ukoliko bismo napravili poređenje koji je od navedena dva bolji za mrežnu topologiju test modela iz ovog rada, može se reći da je u prednosti OSPF jer pruža podršku za korišćenje aktivne mrežne opreme svih proizvođača, dok smo, ukoliko bi bio korišćen EIGRP ruting protokol ostali uskraćeni za korišćenje aktivne mrežne opreme koja nije Cisco. Zapravo, novije verzije EIGRP-a podržavaju rad sa opremom koja nije Cisco, ali nisu uključene sve funkcionalnosti, tako da je za rad sa mrežama koje imaju veliki broj zona, aktivnih mrežnih uređaja, alternativnih ruta ipak u prednosti ruting protokol kao što je OSPF.

Za navedenu mrežnu topologiju koja je korišćena za primer optimizacije mrežnog saobraćaja, možda je najpogodniji za podešavanje ruting protokol RIPv2. Ukoliko bi došlo do promene topologije, okolnosti u kojima bi bilo potrebno da se mrežni saobraćaj trasira drugačije, ne mora da znači da bi prvi izbor ruting protokola ostao kao konačni.

Na optimizaciju računarskih mreža, pored izbora ruting protokola mogu uticati i drugi faktori kao što su namena računarske mreže i njena kao njen trenutno stanje u odnosu na prvobitni zahtev i željeno stanje, kvalitet ostvarenih servisa koji se distribuiraju do krajnjeg korisnika, potreba za unapređenjem i dovođenja mrežnih resursa optimalno i maksimalno iskorišćeno stanje.

Literatura

1. Cisco Systems, Inc. Corporate Headquarters 170 West Tasman Dr. San Jose, CA 95134 USA “Cisco Active Network Abstraction Reference Guide, 3.7”.
<http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/security/asa/asa72/asdm52/user/guide/user/routing.html>
http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/net_mgmt/active_network_abstraction/3-7/reference/guide/ANARefGuide37/routpro.html
2. <http://cisco.acad.net>
3. Jean Philippe Vasseur, Mario Pickavet, Piet Demeester: Network Recovery – Protection and Restoration of Optical, SONET-SDH, IP and MPLS, Morgan Kaufmann, 2004 .
4. Justin Deng, Siheng Wu, Kenny Sun - Comparison of RIP, OSPF and EIGRP Routing Protocols based on OPNET, ENSC 427: COMMUNICATION NETWORKS, 2014.
5. Aaron Balchunas - Static vs Dynamic routing,
http://www.routeralley.com/guides/static_dynamic_routing.pdf
6. Assistant Professor, Department of MCA, V.E.S Institute of Technology, University of Mumbai, India - Analysis of RIPv2, OSPF, EIGRP Configuration on router Using CISCO Packet tracer.
7. V.Vetriselvan, Pravin R.Patil, M.Mahendran, Survey on the RIP, OSPF, EIGRP Routing Protocols, (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies, Vol. 5 (2) , 2014, 1058 - 1065.
8. ChrisK.Williams “Tuning Dynamically Routed Internet Protocol Networks to Achieve Controlled and Predictable Failover during LinkInstability”.
9. V.Vetriselvan, Pravin R.Patil, M.Mahendran - Survey on the RIP, OSPF, EIGRP Routing Protocols

Spisak slika

Slika 1 Primer statičke rute	5
Slika 2 Statička ruta između rutera R7 i R8.....	6
Slika 3 Evolucija ruting protokola	7
Slika 4 Razmena informacija kod dinamičkog rutiranja.....	7
Slika 5 Podela ruting protokla.....	8
Slika 6 Autonomni sistemi.....	9
Slika 7 Proces ažuriranja ruting tabela kod Distance vector ruting protokola	10
Slika 8 Proces ažuriranja ruting tabela kod Link state protokola (R1)	10
Slika 9 Classful ruting protokol – Subnet maska je ista u celoj topologiji	11
Slika 10 Classless ruting protokol – Subnet maska u mreži se razlikuje	11
Slika 11 Metrika.....	12
Slika 12 Različite putanje do destinacije korišćenjem različitih ruting protokola	12
Slika 13 Vrednost default administrativnih distance kod ruting protokola.....	14
Slika 14 Različite ruting protokoli do destinacije sa različitim administrativnim distancama	14
Slika 15 Konfigurisanje statičke rute između rutera R1 i R3	15
Slika 16 Konfigurisanje Rutera 1 i statičke rute ka Ruteru 3	16
Slika 17 Konfigurisanje Rutera 3 i statičke rute ka Ruteru 1	16
Slika 18 metrika na ruteru R1 prema ostalim mrežama	17
Slika 19 metrika na ruteru R2 prema ostalim mrežama	17
Slika 20 format poruke kod RIPv2 ruting protokola.....	18
Slika 21 Topologija sa tri rutera i konfigurisanim RIPv2 protokolom	19
Slika 22 prikaz konfigurisanih protokola na ruteru R2.....	20
Slika 23 prikaz konfigurisanih ruta na ruteru R3	20
Slika 24 prikaz ip route na konfigurisanim ruterima R1, R2 i R3	21
Slika 25 provera konfigurisanih parametara ruting protokola RIPv2 na ruteru R2	21
Slika 26 Format poruke EIGRP protokola	22
Slika 27 Tri autonomna sistema.....	23
Slika 28 Razmena HELLO poruka prilikom uspostavljanja Neighbor odnosa	23
Slika 29 Prikaz slanja Update i ACK paketa kod EIGRP protokola.....	24
Slika 30 Topologija na kojoj će biti konfigurisan EIGRP ruting protokol	24
Slika 31 Konfiguracija rutera R1	25
Slika 32 Konfiguracija rutera R2	25
Slika 33 Konfiguracija rutera R3	25
Slika 35 Primer dodavanja mreža za 1 autonomni system na ruteru R1 (classful i wildcard mask)	26
Slika 36 Primer dodavanja mreža za 1 autonomni system na ruteru R2 (classful forma)	26
Slika 34 Aktiviranje EIGRP protokola na ruterima R1, R2 i R3	26
Slika 37 Neighbor tabela na ruteru R1	27
Slika 38 Neighbor tabela na ruteru R2	27
Slika 39 prikaz konfigurisanog EIGRP protokola na ruterima R1, R2 i R3	27
Slika 40 Prikaz successor rutera na ruteru R2.....	28
Slika 41 Format poruke OSPF protokola	29
Slika 42 Tipovi LSU paketa.....	30
Slika 43 Razmena hello poruka kod topologije sa uspostavljenim OSPF ruting protokolom	30
Slika 44 Primer konfigurisanih zona sa Backbone Area 0.....	31
Slika 45 Odnos protoka na serijskim interfejsima i cene koštanja prilikom konfigurisanja kod OSPF	32
Slika 46 Default vrednosti koštanja prema tipu interfejsa kod OSPF ruting protokola	32
Slika 47 test model mrežne topologije.....	33
Slika 48 Pregled konfigurisanih interfejsa i ruta na ruteru Atina.....	34
Slika 49 Konfiguracija statičke ruta na ruteru Atina preko ISP1 i ISP2	34
Slika 50 Konfiguracija statičkih ruta na ruteru Pariz preko ISP1 i ISP2	34

Slika 51 ping WAN interfejsa za mrežu 172.16.2.0 sa računara PC1 preko ISP1	35
Slika 52 ping radne stanice PC2 sa PC1 preko ISP1 u prikaz cvornih tacaka prolaska paketa	35
Slika 53 obaranje interfejsa fa 0/0 na ruteru Atina	35
Slika 54 ping radne stanice PC2 sa PC1 preko ISP2 u prikaz cvornih tacaka prolaska paketa	35
Slika 55 konfigurisanje praćenja dostupnosti porta na tunelu rutera Atina sa rutera Pariz.....	36
Slika 56 konfigurisanje skripte za brisanje primarne rute na ruteru Pariz	36
Slika 57 konfigurisanje praćenja dostupnosti porta na tunelu rutera Pariz sa rutera Atina.....	36
Slika 58 konfigurisanje skripte za brisanje primarne rute na ruteru Atina.....	37
Slika 59 postavljanje interfejsa fa0/0 na ruteru ISP1 u shut i vraćanje u rad komandom no shut	37
Slika 60 ping Default Gateway interfejsa na ruteru Atina u vreme obaranja porta na ISP, prelazak na alternativnu rutu i vraćanje na primarnu rutu nakon podizanja porta u status Up na ruteru ISP1	38
Slika 61 konfiguracija interfejsa, ruta, offset i access lista na ruteru Beograd i proveru dostupnosti mreže priključene na ruter Pariz	39
Slika 62 Pregled ruting tabele na ruteru Beograd nakon obaranja porta na ruteru ISP1 i proveru dostupnosti mreže sa 172.16.2.0 na ruteru Pariz preko ISP2.....	40
Slika 63 Pregled konfiguracije rutera Pariz i prikaz ruting tabele sa interfejsima prema ISP1 i ISP2	41
Slika 64 Pregled konfiguracije rutera Rim i prikaz ruting tabele sa interfejsima prema ISP1 i ISP2.....	42
Slika 65 Pregled konfiguracije rutera Rim i prikaz ruting tabele sa interfejsima prema ISP1 i ISP2.....	43
Slika 66 konfigurisani interfejsi na ruteru Minhen	44
Slika 67 konfigurisani interfejsi na ruteru Pariz	44
Slika 68 ruting tabela rutera Pariz.....	45
Slika 69 69 - ruting tabela rutera Minhen	45
Slika 70 proveru dostupnosti mreže 172.16.2.0 sa rutera Minhen	46
Slika 71 proveru dostupnosti mreže 172.16.2.0 sa rutera Minhen pri promenjenim protocima na interfejsima prema ISP1 i ISP2 i prikaz ruting tabele rutera Minhen	46
Slika 72 konfigurisanje cene koštanja na interfejsu rutera Minhen i pregled konfigurisanog interfejsa prema ISP2.....	47
Slika 73 konfigurisanje cene koštanja na interfejsu rutera Pariz i pregled konfigurisanog interfejsa prema ISP2.....	47
Slika 74 - prikaz rute ka mreži 172.16.2.0 preko ISP1 na ruteru Minhen.....	47
Slika 75 proveru dostupnosti mreže 172.16.2.0 preko ISP1 uz prikaz prolaska kroz aktivne mrežne uređaje.....	47
Slika 76 Obaranje interfejsa na ISP1 prema ruteru Minhen	48
Slika 77 Dolazak do destinacione mreže putem ISP2.....	48