

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU



SIMULACIJA OSPF PROTOKOLA U PACKET TRACER SIMULATORU

–Diplomski rad–

Kandidat:

Slobodan Usiljanin 2011/107

Mentor:

doc. dr Zoran Čiča

Beograd, Septembar 2016.

SADRŽAJ

| | |
|--|-----------|
| SADRŽAJ | 2 |
| 1. UVOD | 3 |
| 2. OSPF | 4 |
| 2.1. KARAKTERISTIKE OSPF PROTOKOLA | 4 |
| 2.2. KOMPONENTE OSPF PROTOKOLA | 4 |
| 2.2.1. <i>Strukture podataka</i> | 5 |
| 2.2.2. <i>Poruke protokola rutiranja</i> | 5 |
| 2.2.3. <i>Algoritmi</i> | 5 |
| 2.3. LINK-STATE PROCES RUTIRANJA | 6 |
| 2.4. OSPF STANJA | 6 |
| 2.5. OSPF METRIKA | 7 |
| 2.6. SINGLE-AREA I MULTIAREA OSPF | 8 |
| 2.7. PREDNOSTI I MANE OSPF PROTOKOLA | 8 |
| 3. PACKET TRACER | 9 |
| 4. TEST MREŽA | 12 |
| 4.1. TOPOLOGIJA MREŽE | 12 |
| 4.2. TABELA ADRESIRANJA | 13 |
| 4.3. NAREDBE | 14 |
| 4.4. KONFIGURACIJE MREŽNIH UREĐAJA | 14 |
| 4.4.1. <i>Konfiguracija rutera R1</i> | 15 |
| 4.4.2. <i>Konfiguracija rutera R2</i> | 15 |
| 4.4.3. <i>Konfiguracija rutera R3</i> | 16 |
| 4.4.4. <i>Konfiguracija rutera R4</i> | 16 |
| 4.4.5. <i>Konfiguracija rutera R5</i> | 17 |
| 4.4.6. <i>Konfiguracija rutera R6</i> | 18 |
| 4.4.7. <i>Konfiguracija rutera R7</i> | 19 |
| 4.4.8. <i>Konfiguracija računara PC_A i PC_B</i> | 19 |
| 5. SIMULACIJA | 20 |
| 5.1. NORMALAN REŽIM RADA | 20 |
| 5.2. PAD LINKA IZMEĐU RUTERA R5 I R7 | 25 |
| 5.3. PAD LINKA IZMEĐU RUTERA R4 I R5 | 29 |
| 6. ZAKLJUČAK | 32 |
| LITERATURA | 33 |

1. UVOD

Mreže za prenos podataka koje koristimo svakodnevno za rad, učenje, igru, mogu biti male, lokalne mreže, a sa druge strane mogu biti i velike, globalne mreže. Kod kuće korisnik može imati ruter i dva ili više računara. Na poslu, organizacija može imati više rutera i svičeva koji opslužuju potrebe nekoliko stotina ili hiljada računara.

Ruteri prosleđuju pakete koristeći informacije smeštene u tabelama rutiranja. Postoje dva načina na osnovu kojih ruter uči putanje do određenih udaljenih mreža - statički i dinamički.

U velikoj mreži sa velikim brojem podmreža, konfigurisanje i održavanje statičkih ruta može biti naporan posao. Ukoliko dođe do promene u mreži, pad nekog linka ili dodavanje nove podmreže, ovaj posao postaje prava noćna mora. Iz tog razloga uvedeni su dinamički protokoli rutiranja koji u velikoj meri olakšavaju konfigurisanje i održavanje velikih mreža. Korišćenjem dinamičkih protokola rutiranja može se reći da mreža poseduje osobinu skalabilnosti.

Protokoli rutiranja su zaduženi za razmenu informacija rutiranja između rutera. Protokol rutiranja je skup procesa, algoritama i poruka koje služe za razmenu informacija i formiranje tabele rutiranja. Glavne komponente dinamičkog protokola rutiranja su:

- Strukture podataka
- Poruke
- Algoritmi

U okviru ove teze biće objašnjen način rada, konfigurisanje i primena OSPF (*Open Shortest Path First*) protokola. Videće se koje su to strukture podataka, poruke i algoritmi koje OSPF koristi. Koristiće se simulacioni program *Packet Tracer* u kom će biti predstavljena jednostavna topologija mreže pogodna za testiranje rada OSPF protokola. Naime, testiraće se ponašanje protokola u slučaju otkaza pojedinih linkova, kao i njihovog ponovnog puštanja u rad.

2. OSPF

OSPF protokol je *link-state* protokol rutiranja koji je osmišljen kao zamena za *distance vector* protokol rutiranja RIP (*Routing Internet Protocol*). RIP protokol je bio prihvatljiv u ranim danima umrežavanja i Interneta. Međutim, kako je mreža rasla, računanje metrike za određivanje najbolje rute na osnovu broja hopova je postalo problematično. OSPF poseduje značajne prednosti u odnosu na RIP protokol rutiranja u pogledu brze konvergencije mreže i boljeg načina rada kada su velike mreže u pitanju. OSPF protokol rutiranja je besklasni i koristi koncepte zona za skalabilnost.

Prvobitni razvoj OSPF počeo je 1987. od strane IETF (*Internet Engineering Task Force*) organizacije. 1989. Specifikacije OSPFv1 (*Open Shortest Path First version one*) su predstavljene u RFC (*Request for Comments*) 1131 dokumentu. John Moy 1991. predstavlja OSPFv2 (*Open Shortest Path First version two*) u RFC 1247 dokumentu. Besklasni dizajn, odnosno podržavanje VLSM (*Variable Length Subnet Masking*) tehnike i CIDR (*Classless Inter-Domain Routing*) metode su bila poboljšanja predstavljena u RFC 1247 dokumentu. 1998. OSPFv2 je ažurirana u RFC 2328 dokumentu i ta verzija OSPF protokola rutiranja se i danas koristi. 1999. OSPFv3 (*Open Shortest Path First version three*) verzija protokola je predstavljena u RFC 2470 dokumentu koji je prvenstveno osmišljen da podrži IPv6 način adresiranja. 2008. godine OSPFv3 je ažuriran u RFC 5340 dokumentu kao OSPF za IPv6. U ovoj tezi fokusiraćemo se na OSPFv2 verziju protokola.

2.1. Karakteristike OSPF protokola

- Besklasnost – podržava VLSM i CIDR
- Efikasnost – ne postoji periodično slanje *update* poruka. Update poruke šalju se samo kada postoji promena u topologiji mreže. Koristi SPF (*Shortest Path First*) algoritam za odabir najbolje putanje do odredišta.
- Brza konvergencija – veoma brzo propagira promene u mreži.
- Skalabilnost – podjednako dobro funkcioniše i u malim i u velikim mrežama. Ruteri mogu biti grupisani u zone kako bi obezbedili hijerarhijski sistem.
- Bezbednost – podržava MD5 (*Message Digest 5*) autentifikaciju. Kada je uključena OSPF ruteri prihvataju samo kriptovane *update* poruke od susednih rutera sa istom deljenom šifrom.

2.2. Komponente OSPF protokola

Kao što smo već naveli u uvodu postoje tri komponente dinamičkog protokola rutiranja:

- Strukture podataka
- Poruke
- Algoritmi.

2.2.1. *Strukture podataka.*

OSPF kreira i održava tri baze podataka:

- Bazu suseda. Baza suseda kreira tabelu suseda. U tabeli suseda nalazi se lista svih susednih rutera sa kojim određeni ruter ima bidirekcionu komunikaciju. Ova tabela je jedinstvena za svaki pojedinačni ruter.
- LSDB (*Link-State Database*) bazu. LSDB baza kreira tabelu topologije mreže. Ova tabela sadrži informacije o svim ostalim ruterima u mreži. Svi ruteri u jednoj zoni moraju imati istu *Link-State* bazu podataka.
- Bazu prosleđivanja informacija. Ova baza kreira tabelu rutiranja. Tabela rutiranja je jedinstvena na svakom ruteru i sadrži informacije kako i gde proslediti paket ka drugim ruterima.

Sve pomenute tabele nalaze se u RAM (*Random Access Memory*) memoriji rutera.

2.2.2. *Poruke protokola rutiranja.*

OSPF protokol rutiranja koristi 5 tipova paketa za razmenu informacija između rutera:

- *Hello* paketi. Služe za otkrivanje suseda i uspostavljanje susedstva sa istima.
- DBD (*Database Description*) paketi. Uloga ovih paketa je da provere sinhronizaciju baza između rutera. Naime, ruter prima od ostalih rutera DBD pakete koji sadrže LSDB baze od rutera posiljaoca DBD paketa. Nakon toga ruter upoređuje svoju bazu sa bazom rutera koji je poslao DBD paket. LSDB baze moraju biti identične na svim ruterima u okviru jedne zone.
- LSR (*Link-State Request*) paketi. Šalju se kao zahtev za dodatnim informacijama o pojedinim stavkama iz DBD paketa.
- LSU (*Link-State Update*) paketi. Služe kao odgovor na LSR paket. Postoji sedam različitih tipova LSU paketa.
- LSAck (*Link-State Acknowledgment*) paketi. Služe kao potvrda da je LSU paket primljen.

2.2.3. *Algoritmi.*

CPU (*Central Processing unit*) procesira tabelu suseda kao i tabelu topologije koristeći Dijkstra SPF algoritam. SPF algoritam kao metriku koristi kumulativnu cenu putanje potrebnu za stizanje do odredišta. SPF algoritam kreira SPF stablo postavljajući svaki ruter pojedinačno kao koren stabla i za svaki ruter računa najkraće putanje do svakog odredišta. SPF stablo se potom koristi za izračunavanje najboljih putanja. OSPF te najbolje putanje smešta u bazu prosleđivanja informacija koja se koristi za kreiranje tabele rutiranja.

2.3. Link-State proces rutiranja

Svaki ruter koji ima konfigurisan OSPF protokol izvršava *Link-State* proces kako bi dostigao stanje konvergencije odnosno *Full* stanje. O stanjima OSPF protokola rutiranja biće reči u narednom poglavlju. *Link-State* proces se sastoji iz četiri koraka:

- 1) Uspostavljanje susedstva. Ruteri na kojima je omogućen OSPF (OSPF ruteri) moraju da se prepoznaju međusobno pre nego što počnu sa razmenom informacija. OSPF ruter šalje *Hello* pakete preko svih svojih interfejsa na kojima je konfigurisan OSPF, kako bi utvrdio da li postoje susedni OSPF ruteri na tim interfejsima. Ako postoje, OSPF ruter pokušava da uspostavi susedstvo sa njima.
- 2) Razmena LSA (*Link-State Advertisements*) paketa. Nakon što je susedstvo uspostavljeno, OSPF ruteri razmenjuju LSA pakete. LSA paketi nose u sebi informaciju o stanju i ceni svakog direktno konektovanog linka. Ruteri koriste metodu plavljenja (*flood method*) kako bi prosledili LSA pakete svojim susedima. Naime, nakon što susedni ruter primi LSA paket, on u istom trenutku prosleđuje LSA paket njegovim direktno konektovanim susedima. Ovaj proces se završava kada svi ruteri u jednoj zoni imaju sve LSA pakete.
- 3) Konstruisanje tabele topologije. Nakon što su svi LSA paketi primljeni, OSPF ruteri konstruišu tabelu topologije (LSDB bazu) izgrađenu na osnovu primljenih LSA paketa. LSDB baza sadrži sve informacije o topologiji mreže.
- 4) Pokretanje SPF algoritma. Ruteri pokreću OSPF algoritam koji kreira SPF stablo. Iz SPF stabla biraju se najbolje putanje i smeštaju u tabelu rutiranja. Informacije kojim putem će pojedini paketi ići kroz mrežu nalaze se upravo u tabeli rutiranja.

2.4. OSPF stanja

OSPF ruteri prolaze kroz nekoliko stanja da bi konvergirali, odnosno dostigli *Full* stanje. Stanja kroz koja OSPF ruter prolazi tokom konvergencije mogu se podeliti u dve grupe:

- Uspostavljanje susedstva
 - *Down* stanje. U ovom stanju ruter nije primio *Hello* pakete. Iz tog razloga ruter šalje *Hello* pakete i prelazi u naredno *Init* stanje.
 - *Init* stanje. Hello paketi su primljeni od suseda. Sadrže RID (*Router-id*) rutera koji je poslao *Hello* paket. Prelazak u naredno *Two-Way* stanje.
 - *Two-Way* stanje. Ukoliko je reč o ethernet linkovima birase DR (*Designated Router*) i BDR (*Backup Designated Router*). Prelazak u naredno *ExStart* stanje.
- Sinhronizacija OSPF baze podataka
 - *ExStart* stanje. U ovom stanju pregovara se o master/slave odabiru i sekvencijalnom broju DBD paketa. Master ruter započinje slanje DBD paketa.
 - *Exchange* stanje. Vršiti se razmena DBD paketa. Ukoliko je potrebna neka dodatna informacija o pojedinim rutama prelazi se u *Loading* stanje, u suprotnom kaže se da je OSPF ruter konvergirao i prelazi se u *Full* stanje.
 - *Loading* stanje. Razmenjuju se LSR i LSU paketi kojisadrže dodatne informacije o rutama. Rute se procesiraju koristeći SPF algoritam. Prelazak u *Full* stanje.

2.5. OSPF metrika

Protokoli rutiranja koriste metriku kako bi odredili najbolju putanju za slanje paketa kroz mrežu. OSPF kao metriku koristi cenu linka. Niža cena odgovara boljoj putanji.

Tabela 2.5.1. Podrazumevane vrednosti OSPF cena

| Tip interfejsa | Referentni protok u bitima po sekundi | Podrazumevani protok u bitima po sekundi | Cena |
|----------------------------------|---------------------------------------|--|------|
| 10 Gigabitni ethernet 10 Gbps | 100 000 000 | 10 000 000 000 | 1 |
| Gigabitni ethernet 1Gbps | 100 000 000 | 1 000 000 000 | 1 |
| Brzi ethernet 100 Mbps | 100 000 000 | 100 000 000 | 1 |
| Ethernet 10 Mbps | 100 000 000 | 10 000 000 | 10 |
| Serijski 1544 Mpbs | 100 000 000 | 1 544 000 | 64 |
| Serijski 128 kbps | 100 000 000 | 128 000 | 781 |
| Serijski 64kbps | 100 000 000 | 64 000 | 1562 |

Cena linka (interfejsa) je inverzno proporcionalna protoku na tom linku. Kada se kaže interfejs, misli se na fizički port rutera dok se pod linkom podrazumeva medijum za prenos informacija koji spaja interfejse dva različita rutera. Protok na oba interfejse koji sačinjavaju link mora biti identičan iz tog razloga mogu se koristiti oba termina i cena linka i cena interfejsa. Veći protok daje nižu cenu linka. Iz tog razloga 10 megabitna ethernet mreža ima veću cenu od 100 megabitne ethernet mreže.

Formula koja se koristi za računanje OSPF cene:

$$\text{Cena} = \text{referentni protok} / \text{protok na interfejsu}$$

Podrazumevani (difolt) referentni protok je 10^8 (100 000 000) bita po sekundi. U tabeli 2.5.1 prikazane su podrazumevane vrednosti OSPF cena za pojedine tipove interfejsa. Zanimljivo je primetiti da brzi ethernet, gigabitni ethernet i 10 gigabitni ethernet imaju istu cenu. Naime, kao što je već rečeno cena se dobija kada se podeli referentni protok sa protokom na interfejsu i pritom cena linka mora biti ceo broj. S obzirom da je protok na interfejsu za gigabitni i 10 gigabitni ethernet veći od podrazumevanog referentnog protoka, cena linka zaokružena je na prvi veći broj odnosno jedan.

2.6. Single-Area i Multiarea OSPF

OSPF protokol rutiranja podržava hijerarhijsko rutiranje koristeći zone, radi bolje efikasnosti i skalabilnosti. Pod terminom zona podrazumeva se grupa rutera koji poseduju iste *link-state* informacije u svojim LSDB bazama podataka.

OSPF može biti implementiran na dva načina:

- *Single-Area* OSPF – svi ruteri nalaze se u jednoj zoni koja se naziva *backbone* zona ili zona 0.
- *Multiarea* OSPF – ruteri su raspoređeni u više zona. Sve zone moraju biti povezane na *backbone* zonu. Ruteri koji povezuju različite zone zovu se ABR (*Area Border Routers*) ruteri, odnosno granični ruteri.

Prednost *multiarea* OSPF implementacije ogleda se u tome što zahtevne procesorske operacije poput SPF algoritma izvršavaju samo u određenoj zoni. Naime, ukoliko dođe do promene u topologiji (dodavanje novog ili otkaz postojećeg linka) samo ruteri pogođeni tom promenom(ruteri u zoni u kojoj se desila promena) pokrenuće SPF algoritam. Ruteri u drugim zonama informaciju o promeni topologije dobijaju u *distance vector* formatu i ovi ruteri neće pokrenuti SPF algoritam. SPF algoritam je procesorski zahtevan i za njegovo izvršavanje je potrebno određeno vreme. Iz tog razloga nije poželjno njegovo često pokretanje. U ovoj tezi fokusiraćemo se na *Single-Area* OSPF.

2.7. Prednosti i mane OSPF protokola

Prednosti:

- Svaki ruter konstruiše svoju mapu topologije mreže za određivanje najkraće putanje.
- Brza konvergencija mreže zbog efikasnog prosleđivanja LSA paketa.
- Slanje LSA paketa samo kada dođe do promene u topologiji. Takođe, LSA paketi sadrže samo informacije vezane za promenu.
- Hijerarhijski dizajn u *multiarea* implementaciji OSPF protokola

Mane:

- Održavanje LSDB baze i konstruisanje SPF stabla zahteva dodatnu memoriju.
- Računanje SPF algoritma zahteva rad procesorske jedinice.
- Plavljenje LSA paketima može negativno da utiče na protok u mreži.

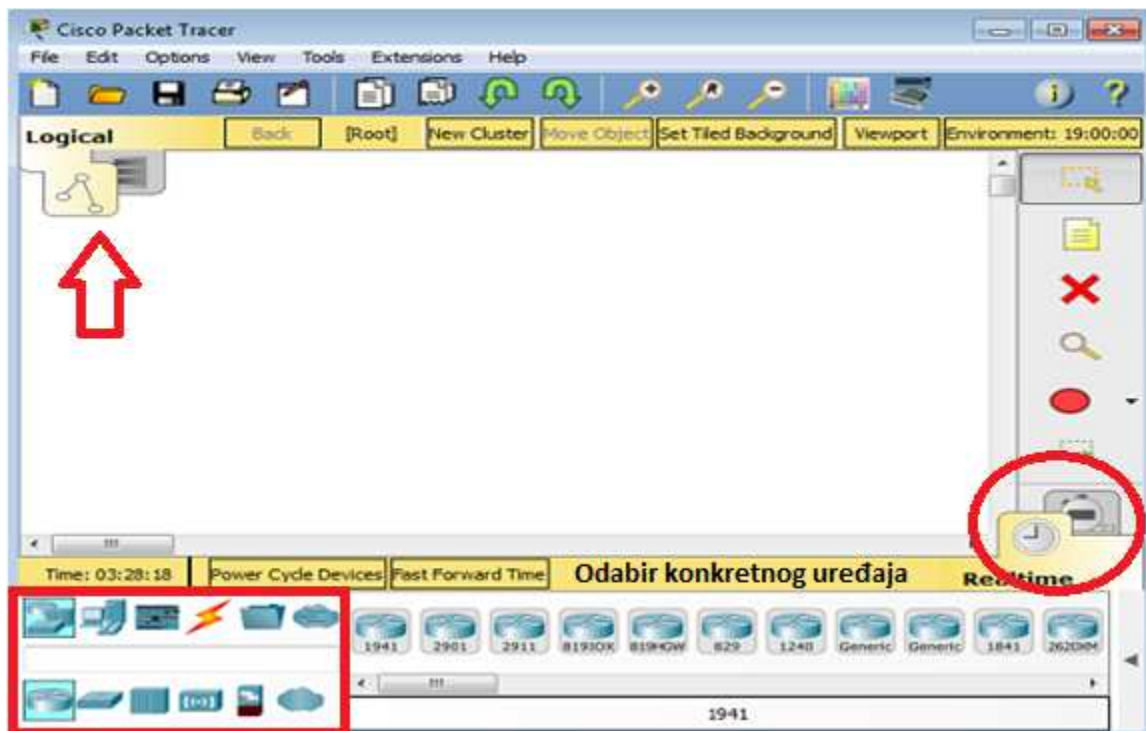
3. PACKET TRACER

Packet Tracer dizajnirala je Cisco kompanija sa ciljem da korisnicima olakša učenje pojedinih pojmova iz oblasti umrežavanja. *Packet Tracer* je simulacioni program koji omogućava korisnicima da na jedostavan način uče umrežavanje. Korisniku je omogućeno da sam kreira svoj model virtuelne mreže. Koristeći različite funkcije programa korisnik istražuje svoju mrežu. Termin „*paket tracing*“ opisuje animirani režim rada gde korisnik korak po korak posmatra neke od kompleksnih mrežnih događaja. U realnim uslovima hiljadu ili čak milion ovih događaja se izvrši u sekundi.

Packet Tracer ima dva radna okruženja:

- Logičko – dozvoljava korisnicima da grade logičku mrežnu topologiju postavljajući i povezujući virtualne mrežne uređaje.
- Fizičko – pruža grafičko okruženje logičke mreže davajući predstavu kako bi mrežni uređaji izgledali u realnom okruženju. Fizičko okruženje takođe pruža geografsku prezentaciju mreža, uključujući gradove, građevine i električne ormare.

Korisnik gradi svoju mrežu tako što bira neke od ponuđenih komponenata (rutera, svičeva ili radnih stanica) i prevlači ih u logičko radno okruženje. Potom korisnik može da specificira tipove konekcije između ovih komponenata kao i da konfigurira iste. Nakon konfiguracije uređaja i linkova, korisnici mogu da posmatraju ponašanje mreže ili u realnom režimu rada ili u simulacionom režimu rada. Može se jasno uočiti kojom putanjom paketi prolaze da bi stigli do odredišta. U ovoj tezi koristićemo ovu mogućnost *Packet Tracer* simulatora kako bismo videli promene putanje paketa nastale kao rezultat otkaza jednog od linkova u našoj virtuelnoj mreži. Logičko radno okruženje simulatora prikazano je na slici 3.1.

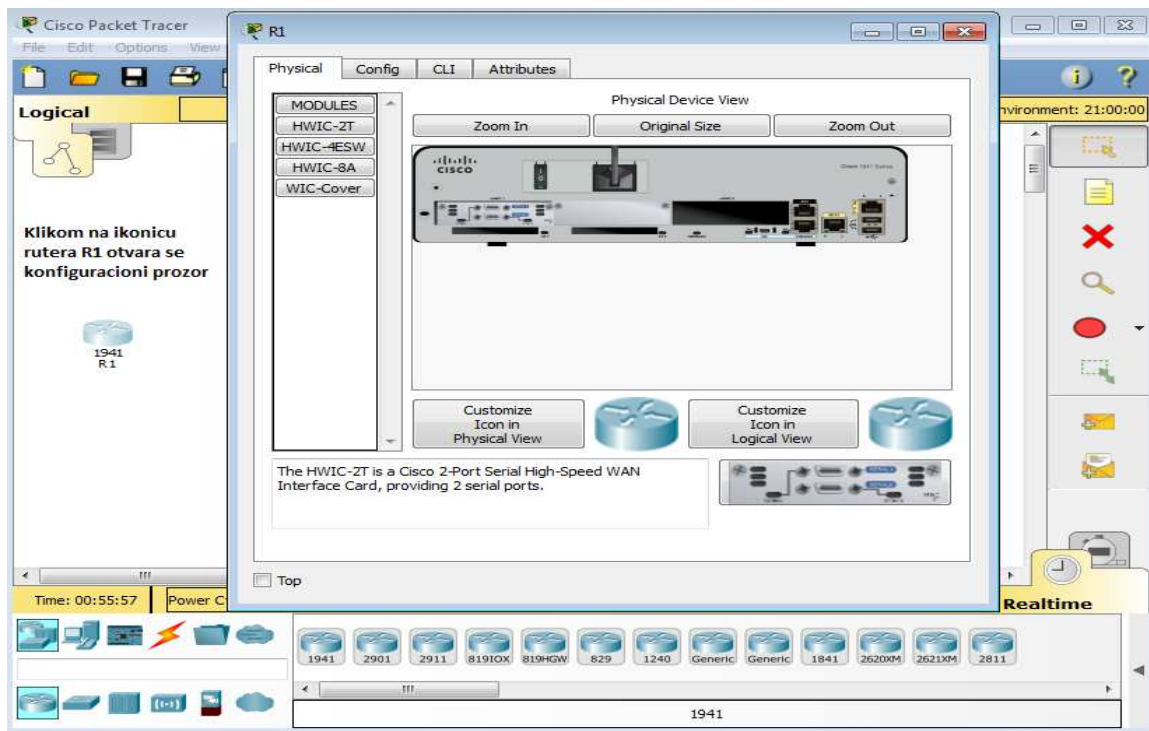


Slika 3.1. Logičko radno okruženje

Na slici 3.1. strelicom je naznačena opcija za prelaz iz logičkog u fizičko okruženje i obrnuto. Sve funkcije obavljaju se levim klikom tastera miša. Odabir tipa mrežnog uređaja (rutera, sviča, krajnjeg uređaja, itd.) vrši se u delu koji je uokviren pravougaonikom. Nakon što se izabere tip mrežnog uređaja, bira se konkretan uređaj tog tipa. Kao što se sa slike 3.1. može videti postoji veliki broj rutera koje *Packet Tracer* simulator nudi korisniku. Deo označen krugom predstavlja opciju za prelaz iz *Realtime* režima rada u *Simulation* režim rada i obrnuto.

Konfiguracija uređaja vrši se jednostavnim klikom na izabrani mrežni uređaj. Otvara se novi (konfiguracioni) prozor u kome se nalaze četiri taba: *Modules*, *Config*, *CLI (Command-Line Interface)*, *Attributes*. U tabu *modules*, konkretnom uređaju mogu se dodati moduli neophodni za konfiguraciju. U test mreži koja će se koristiti dodati su moduli HWIC_2T koji sadrže po dva serijska porta neophodna za konfiguraciju test mreže. Važno je napomenuti da se pre dodavanja modula mrežni uređaj mora isključiti. Tab *Config* kao i tab *CLI* služe za konfiguraciju mrežnog uređaja. Tab *Config* za konfiguraciju koristi grafički interfejs, dok tab *CLI* predstavlja komandnu liniju u kojoj se unose naredbe. Tab *Attributes* služi za definisanje snage uređaja, cene, izvora napajanja itd.

Na slici 3.2. predstavljen je konfiguracioni prozor za ruter R1.



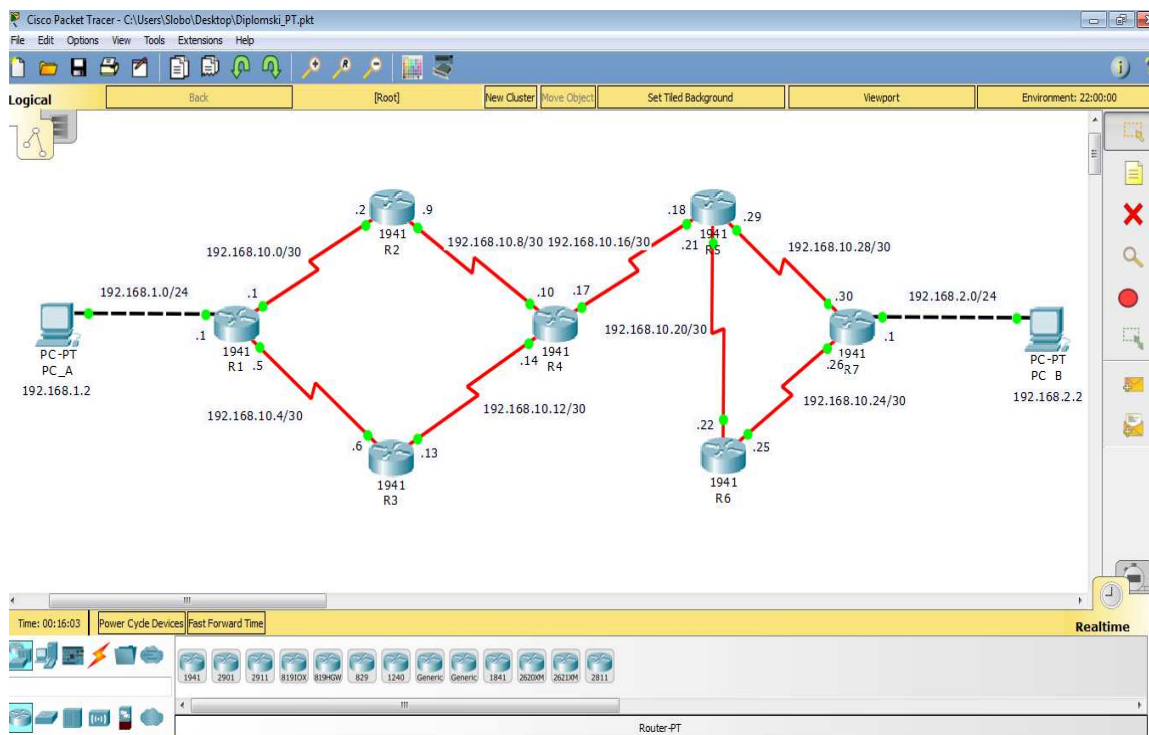
Slika 3.2. Konfiguracioni prozor na ruteru R1

4. TEST MREŽA

U ovom poglavlju biće predstavljena test mreža korišćena za simulaciju OSPF protokola rutiranja. Prikazaće se tabela adresiranja kao i konfiguracije svih uređaja u mreži. Takođe, ukratko će biti opisane naredbe korišćene pri konfiguraciji mrežnih uređaja.

4.1. Topologija mreže

Topologija mreže prikazana je na slici 4.1.



Slika 4.1. Topologija test mreže

4.2. Tabela adresiranja

Tabela adresiranja prikazana je u tabeli 4.2. Tip interfejsa NIC (*Network Interface Controller*) predstavlja hardversku komponentu koja omogućava računarima povezivanje na mrežu. Tip interfejsa Gig odnosi se na gigabitni ethernet interfejs, dok S označava serijski interfejs.

Tabela 4.2. Tabela adresiranja

| Mrežni uređaj | Interfejs | IP adresa | Subnet maska | Difoltni gejtvej |
|---------------|-----------|---------------|-----------------|------------------|
| R1 | Gig0/0 | 192.168.1.1 | 255.255.255.0 | |
| | S0/1/0 | 192.168.10.1 | 255.255.255.252 | |
| | S0/1/1 | 192.168.10.5 | 255.255.255.252 | |
| R2 | S0/1/0 | 192.168.10.2 | 255.255.255.252 | |
| | S0/1/1 | 192.168.10.9 | 255.255.255.252 | |
| R3 | S0/1/0 | 192.168.10.13 | 255.255.255.252 | |
| | S0/1/1 | 192.168.10.6 | 255.255.255.252 | |
| R4 | S0/0/0 | 192.168.10.17 | 255.255.255.252 | |
| | S0/1/0 | 192.168.10.14 | 255.255.255.252 | |
| | S0/1/1 | 192.168.10.10 | 255.255.255.252 | |
| R5 | S0/0/0 | 192.168.10.18 | 255.255.255.252 | |
| | S0/0/1 | 192.168.10.29 | 255.255.255.252 | |
| | S0/1/0 | 192.168.10.21 | 255.255.255.252 | |
| R6 | S0/0/0 | 192.168.10.25 | 255.255.255.252 | |
| | S0/0/1 | 192.168.10.22 | 255.255.255.252 | |
| R7 | Gig0/0 | 192.168.2.1 | 255.255.255.0 | |
| | S0/0/0 | 192.168.10.26 | 255.255.255.252 | |
| | S0/0/1 | 192.168.10.30 | 255.255.255.252 | |
| PC_A | NIC | 192.168.1.2 | 255.255.255.0 | 192.168.1.1 |
| PC_B | NIC | 192.168.2.2 | 255.255.255.0 | 192.168.2.1 |

4.3. Naredbe

- **enable** – ovom naredbom ulazi se u privilegovani korisnički mod rada (*Privileged EXEC Mode*) uređaja koji se konfiguriraše.
- **configure terminal** – omogućava prelaz u globalni konfiguracioni mod rada (*Global Configuration Mode*) mrežnog uređaja.
- **hostname naziv_mreznog_uređaja** – dodeljuje se naziv određenom mrežnom uređaju.
- **interface naziv_interfejsa** – ulazi se u konfiguracioni mod za konfigurisanje porta na sviču ili mrežnog interfejsa na ruteru (*Interface Configuration Mode*).
- **ip address ip_adresa subnet_maska** – specificiranom interfejsu dodeljuje se IP adresa i subnet maska.
- **no shutdown** – služi za aktivaciju određenog interfejsa (porta) na ruteru (sviču).
- **exit** – ovom naredbom vraćamo se za jedan nivo unazad u odnosu na trenutni konfiguracioni mod u kome se nalazimo.
- **end** – služi za povratak u privilegovani korisnički mod rada.
- **router ospf process_id** – uključuje OSPFv2 protokol na ruteru. *Process id* predstavlja broj od 1 do 65535 i izabran je od strane administratora.
- **router-id rid** – konfigurise RID koji jednoznačno identifikuje ruter. Takođe, RID se koristi u procesu selekcije DR i BDR rutera.
- **auto-cost reference-bandwidth protok_u_Mbps** – služi za konfigurisanje referentnog protoka koji se koristi pri računanju cene linka. Referentni protok mora biti identičan na svim ruterima u jednoj OSPF zoni.
- **network mrežna_adresa wildcard_maska area area_id** – definiše koji interfejsi učestvuju u procesu rutiranja u određenoj OSPF zoni. Interfejsima na ruteru čije adrese pripadaju specificiranoj mrežnoj adresi omogućeno je primanje i slanje OSPF paketa.
- **passive-interface naziv_interfejsa** – sprečava transmisiju poruka vezanih za rutiranje preko specificiranog interfejsa na ruteru, ali i dalje dozvoljava mreži koja odgovara specificiranom interfejsu da bude oglašavana ka drugim ruterima.
- **copy running-config startup-config** – služi za čuvanje trenutne konfiguracije mrežnog uređaja. Sačuvana konfiguracija biće pokrenuta pri startovanju rutera. Konfiguracije se čuvaju u NVRAM (*Non-volatile Random Access Memory*) memoriji mrežnog uređaja.

4.4. Konfiguracije mrežnih uređaja

Biće detaljno prikazane konfiguracije svih rutera u mreži. Sve naredbe zadavane su u komandnoj liniji Cisco IOS (*Internetwork Operating System*) operativnog sistema instaliranog na datom mrežnom uređaju. Tekst vezan za konfiguraciju biće ispisan plavom bojom kako bi se razlikovao od osnovnog teksta.

4.4.1. Konfiguracija rutera R1

```
R1>enable
R1#configure terminal
R1(config)#hostname R1

R1(config)#interface GigabitEthernet0/0
R1(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit

R1(config)#interface Serial0/1/0
R1(config-if)#ip address 192.168.10.1 255.255.255.252
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit

R1(config)#interface Serial0/1/1
R1(config-if)#ip address 192.168.10.5 255.255.255.252
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit

R1(config)#router ospf 10
R1(config-router)#router-id 1.1.1.1
R1(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000
R1(config-router)#passive-interface GigabitEthernet0/0
R1(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.3 area 0
R1(config-router)#network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
R1(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)#end

R1#copy running-config startup-config
```

4.4.2. Konfiguracija rutera R2

```
R2>enable
R2#configure terminal
R2(config)#hostname R2

R2(config)#interface Serial0/1/0
R2(config-if)#ip address 192.168.10.2 255.255.255.252
R2(config-if)#clock rate 128000
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#exit

R2(config)#interface Serial0/1/1
```

```
R2(config-if)#ip address 192.168.10.9 255.255.255.252
R2(config-if)#clock rate 128000
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#exit
```

```
R2(config)#router ospf 10
R2(config-router)#router-id 2.2.2.2
R2(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000
R2(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.3 area 0
R2(config-router)#network 192.168.10.8 0.0.0.3 area 0
R2(config-router)#end
```

```
R2#copy running-config startup-config
```

4.4.3. Konfiguracija rutera R3

```
R3>enable
R3#configure terminal
R3(config)#hostname R3
```

```
R3(config)#interface Serial0/1/0
R3(config-if)#ip address 192.168.10.13 255.255.255.252
R3(config-if)#clock rate 128000
R3(config-if)#no shutdown
R3(config-if)#exit
```

```
R3(config)#interface Serial0/1/1
R3(config-if)#ip address 192.168.10.6 255.255.255.252
R3(config-if)#clock rate 128000
R3(config-if)#no shutdown
R3(config-if)#exit
```

```
R3(config)#router ospf 10
R3(config-router)#router-id 3.3.3.3
R3(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000
R3(config-router)#network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
R3(config-router)#network 192.168.10.12 0.0.0.3 area 0
R3(config-router)#end
```

```
R3#copy running-config startup-config
```

4.4.4. Konfiguracija rutera R4

```
R4>enable
```



```
R4#configure terminal
R4(config)#hostname R4

R4(config)#interface Serial0/1/0
R4(config-if)#ip address 192.168.10.14 255.255.255.252
R4(config-if)#no shutdown
R4(config-if)#exit

R4(config)#interface Serial0/1/1
R4(config-if)#ip address 192.168.10.10 255.255.255.252
R4(config-if)#no shutdown
R4(config-if)#exit

R4(config)#interface Serial0/0/0
R4(config-if)#ip address 192.168.10.17 255.255.255.252
R4(config-if)#no shutdown
R4(config-if)#exit

R4(config)#router ospf 10
R4(config-router)#router-id 4.4.4.4
R4(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000
R4(config-router)#network 192.168.10.8 0.0.0.3 area 0
R4(config-router)#network 192.168.10.12 0.0.0.3 area 0
R4(config-router)#network 192.168.10.16 0.0.0.3 area 0
R4(config-router)#end

R4#copy running-config startup-config
```

4.4.5. Konfiguracija rutera R5

```
R5>enable
R5#configure terminal
R5(config)#hostname R5

R5(config)#interface Serial0/1/0
R5(config-if)# 192.168.10.21 255.255.255.252
R5(config-if)#clock rate 128000
R5(config-if)#no shutdown
R5(config-if)#exit

R5(config)#interface Serial0/0/1
R5(config-if)#ip address 192.168.10.29 255.255.255.252
R5(config-if)#clock rate 128000
```

```
R5(config-if)#no shutdown
R5(config-if)#exit
```

```
R5(config)#interface Serial0/0/0
R5(config-if)#ip address 192.168.10.18 255.255.255.252
R5(config-if)#clock rate 128000
R5(config-if)#no shutdown
R5(config-if)#exit
```

```
R5(config)#router ospf 10
R5(config-router)#router-id 5.5.5.5
R5(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000
R5(config-router)#network 192.168.10.16 0.0.0.3 area 0
R5(config-router)#network 192.168.10.20 0.0.0.3 area 0
R5(config-router)#network 192.168.10.28 0.0.0.3 area 0
R5(config-router)#end
```

```
R5#copy running-config startup-config
```

4.4.6. Konfiguracija rutera R6

```
R6>enable
R6#configure terminal
R6(config)#hostname R6
```

```
R6(config)#interface Serial0/0/0
R6(config-if)#ip address 192.168.10.25 255.255.255.252
R6(config-if)#clock rate 128000
R6(config-if)#no shutdown
R6(config-if)#exit
```

```
R6(config)#interface Serial0/0/1
R6(config-if)#ip address 192.168.10.22 255.255.255.252
R6(config-if)#clock rate 128000
R6(config-if)#no shutdown
R6(config-if)#exit
```

```
R6(config)#router ospf 10
R6(config-router)#router-id 6.6.6.6
R6(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000
R6(config-router)#network 192.168.10.20 0.0.0.3 area 0
R6(config-router)#network 192.168.10.24 0.0.0.3 area 0
R6(config-router)#end
```

```
R6#copy running-config startup-config
```

4.4.7. Konfiguracija rutera R7

```
R7>enable
R7#configure terminal
R7(config)#hostname R7

R7(config)#interface GigabitEthernet0/0
R7(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
R7(config-if)#no shutdown
R7(config-if)#exit

R7(config)#interface Serial0/0/0
R7(config-if)#ip address 192.168.10.26 255.255.255.252
R7(config-if)#no shutdown
R7(config-if)#exit

R7(config)#interface Serial0/0/1
R7(config-if)#ip address 192.168.10.30 255.255.255.252
R7(config-if)#no shutdown
R7(config-if)#exit

R7(config)#router ospf 10
R7(config-router)#router-id 7.7.7.7
R7(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000
R7(config-router)#passive-interface GigabitEthernet0/0
R7(config-router)#network 192.168.10.28 0.0.0.3 area 0
R7(config-router)#network 192.168.10.24 0.0.0.3 area 0
R7(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0

R7(config-router)#end

R7#copy running-config startup-config
```

4.4.8. Konfiguracija računara PC_A i PC_B

Računari su konfigurisani preko grafičkog interfejsa. Svakom računaru dodeljena je IP adresa, *subnet* maska i difolt gejtvej. IP adresa, *subnet* maska i difolt gejtvej za oba računara dati su u tabeli 4.2.

5.SIMULACIJA

Simulacija OSPF protokola rutiranja biće opisana u 3 režima rada:

- Normalan režim rada
- Režim rada u kome je došlo do pada linka između rutera R5 i R7
- Režim rada u kome je došlo do pada linka između rutera R4 i R5

Biće predstavljene tabele rutiranja, osnovne informacije vezane za OSPF protokol kao i tabela susedana pojedinim ruterima. Za prikaz putanje paketa od računara PC_A do računara PC_B korišćiće se naredba *tracert*, a za proveru konekcije između njih nareda *ping*.

5.1. Normalan režim rada

U normalnom režimu rada svaki ruter u svojoj tabeli rutiranja, trebalo bi da ima rutu do svake mreže. Za prikaz tabele rutiranja na ruteru koristi se naredba *show ip route*. Na slikama 5.1.1. 5.1.2. i 5.1.3. prikazane su tabele rutiranja na ruterima R1, R2 i R7.

```
R1#show ip route
Codes: L - local, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

    192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L       192.168.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
O       192.168.2.0/24 [110/2598] via 192.168.10.2, 00:00:14, Serial0/1/0
        [110/2598] via 192.168.10.6, 00:00:14, Serial0/1/1
    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 10 subnets, 2 masks
C       192.168.10.0/30 is directly connected, Serial0/1/0
L       192.168.10.1/32 is directly connected, Serial0/1/0
C       192.168.10.4/30 is directly connected, Serial0/1/1
L       192.168.10.5/32 is directly connected, Serial0/1/1
O       192.168.10.8/30 [110/1294] via 192.168.10.2, 00:00:28, Serial0/1/0
O       192.168.10.12/30 [110/1294] via 192.168.10.6, 00:00:28, Serial0/1/1
O       192.168.10.16/30 [110/1941] via 192.168.10.2, 00:00:14, Serial0/1/0
        [110/1941] via 192.168.10.6, 00:00:14, Serial0/1/1
O       192.168.10.20/30 [110/2588] via 192.168.10.2, 00:00:14, Serial0/1/0
        [110/2588] via 192.168.10.6, 00:00:14, Serial0/1/1
O       192.168.10.24/30 [110/3235] via 192.168.10.2, 00:00:14, Serial0/1/0
        [110/3235] via 192.168.10.6, 00:00:14, Serial0/1/1
O       192.168.10.28/30 [110/2588] via 192.168.10.2, 00:00:14, Serial0/1/0
        [110/2588] via 192.168.10.6, 00:00:14, Serial0/1/1
```

Slika 5.1.1. Tabela rutiranja na ruteru R1

```

R7#show ip route
Codes: L - local, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

O    192.168.1.0/24 [110/2598] via 192.168.10.29, 00:03:12, Serial0/0/1
     192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L    192.168.2.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
     192.168.10.0/24 is variably subnetted, 10 subnets, 2 masks
O    192.168.10.0/30 [110/2588] via 192.168.10.29, 00:03:12, Serial0/0/1
O    192.168.10.4/30 [110/2588] via 192.168.10.29, 00:03:12, Serial0/0/1
O    192.168.10.8/30 [110/1941] via 192.168.10.29, 00:03:12, Serial0/0/1
O    192.168.10.12/30 [110/1941] via 192.168.10.29, 00:03:12, Serial0/0/1
O    192.168.10.16/30 [110/1294] via 192.168.10.29, 00:03:12, Serial0/0/1
O    192.168.10.20/30 [110/1294] via 192.168.10.25, 00:03:12, Serial0/0/0
     [110/1294] via 192.168.10.29, 00:03:12, Serial0/0/1
C    192.168.10.24/30 is directly connected, Serial0/0/0
L    192.168.10.26/32 is directly connected, Serial0/0/0
C    192.168.10.28/30 is directly connected, Serial0/0/1
L    192.168.10.30/32 is directly connected, Serial0/0/1

```

Slika 5.1.2. Tabela rutiranja na ruteru R7

```

R2#show ip route
Codes: L - local, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

O    192.168.1.0/24 [110/657] via 192.168.10.1, 00:04:56, Serial0/1/0
O    192.168.2.0/24 [110/1951] via 192.168.10.10, 00:04:41, Serial0/1/1
     192.168.10.0/24 is variably subnetted, 10 subnets, 2 masks
C    192.168.10.0/30 is directly connected, Serial0/1/0
L    192.168.10.2/32 is directly connected, Serial0/1/0
O    192.168.10.4/30 [110/1294] via 192.168.10.1, 00:04:56, Serial0/1/0
C    192.168.10.8/30 is directly connected, Serial0/1/1
L    192.168.10.9/32 is directly connected, Serial0/1/1
O    192.168.10.12/30 [110/1294] via 192.168.10.10, 00:04:56, Serial0/1/1
O    192.168.10.16/30 [110/1294] via 192.168.10.10, 00:04:41, Serial0/1/1
O    192.168.10.20/30 [110/1941] via 192.168.10.10, 00:04:41, Serial0/1/1
O    192.168.10.24/30 [110/2588] via 192.168.10.10, 00:04:41, Serial0/1/1
O    192.168.10.28/30 [110/1941] via 192.168.10.10, 00:04:41, Serial0/1/1

```

Slika 5.1.3. Tabela rutiranja na ruteru R2

Rute koje imaju znaku O označavaju OSPF rute. Na slikama 5.1.1. i 5.1.2. se može uočiti da postoji sedam takvih ruta. U našoj topologiji mreže postoji deset mrežnih adresa koje se oglašavaju

putem OSPF protokola. Ruteri R1 i R7 imaju po tri direktno povezane mreže. Rute direktno povezanih mreža su u tabeli rutiranja predstavljene sa onakom C (*Connected*) a uz njih ide i ruta sa oznakom L (*Local*). Lokalna ruta predstavlja IP adresu interfejsa na samom ruteru. Iz tog razloga na ruterima R1, R4 R5, i R7 postoji sedam OSPF ruta, jer oni imaju po tri direktno povezane mreže, dok na ruterima R2, R3 i R6 postoji osam OSPF ruta, jer oni imaju po dve direktno povezane mreže. Tabele rutiranja na ostalim ruterima neće biti prikazane. Takođe, zanimljivo je na slici 5.1.1. primetiti da za mrežu 192.168.2.0/24 postoje dve rute sa identičnom cenom. Ovo predstavlja tzv. *Load Balancing*. Naime, ruter R1 će podjednako koristiti i rutu preko rutera R2 i rutu preko rutera R3 za komunikaciju sa mrežom 192.168.2.0/24.

Informacije o samom protokolu koji se koristi na konkretnom ruteru mogu se dobiti naredbom *show ip protocols*. Na slici 5.1.4. su prikazane karakteristike aktivnog protokola na ruteru R1.

```
R1#show ip protocols

Routing Protocol is "ospf 10"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 1.1.1.1
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.10.0 0.0.0.3 area 0
    192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
    192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
  Passive Interface(s):
    GigabitEthernet0/0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    1.1.1.1          110          00:24:59
    2.2.2.2          110          00:25:01
    3.3.3.3          110          00:24:59
    4.4.4.4          110          00:25:00
    5.5.5.5          110          00:24:59
    6.6.6.6          110          00:25:01
    7.7.7.7          110          00:25:02
  Distance: (default is 110)
```

Slika 5.1.4. Rezultat naredbe *show ip protocols* na ruteru R1

Još jedna od korisnih naredbi koja nam služi kao provera da OSPF protokol rutiranja funkcioniše kako treba jeste naredba *show ip ospf neighbor*. Kao što smo ranije pomenuli u poglavlju dva, svaki ruter sa svojim susednim ruterima gradi susedstvo. Za ruter se kaže da je izgradio susedstvo, odnosno da je konvergirao kada dostigne *Full* stanje sa susednim ruterima. Na slici 5.1.5. je prikazana tabela suseda na ruteru R1.

```
R1#show ip ospf neighbor
```

| Neighbor ID | Pri | State | Dead Time | Address | Interface |
|-------------|-----|---------|-----------|--------------|-------------|
| 2.2.2.2 | 0 | FULL/ - | 00:00:36 | 192.168.10.2 | Serial0/1/0 |
| 3.3.3.3 | 0 | FULL/ - | 00:00:30 | 192.168.10.6 | Serial0/1/1 |

Slika 5.1.5. Tabela suseda na ruteru R1

Kao što se vidi sa slike 5.1.5, ruter R1 je dostigao *Full* stanje kako sa ruterom R2 tako i sa ruterom R3.

Naredbom *ping* 192.168.2.2 (IP adresa računara PC_B) na računaru PC_A, testiraćemo konekciju sa računarem PC_B. Na slici 5.1.6. prikazan je rezultat naredbe *ping*.

```
Command Prompt
C:\>ping 192.168.2.2

Pinging 192.168.2.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=4ms TTL=123
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=4ms TTL=123
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=4ms TTL=123
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=4ms TTL=123

Ping statistics for 192.168.2.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 4ms, Maximum = 4ms, Average = 4ms
```

Slika 5.1.6. Rezultat naredbe ping

Sa slike 5.1.6. se vidi da su svi poslani paketi uspešno primljeni.

Naredbom *tracert* 192.168.2.2 na računaru PC_A dokazaćemo postojanje *Load Balancing* tehnike i videćemo kojom putanjom paket stiže do računara PC_B. Na slici 5.1.7. prikazan je rezultat naredbe *tracert*.

```
Command Prompt
C:\>tracert 192.168.2.2

Tracing route to 192.168.2.2 over a maximum of 30 hops:

  1  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.1.1
  2  1 ms    1 ms    6 ms    192.168.10.2
  3  1 ms   10 ms    2 ms    192.168.10.14
  4  3 ms    2 ms    2 ms    192.168.10.18
  5  3 ms    2 ms    3 ms    192.168.10.30
  6  2 ms    1 ms    2 ms    192.168.2.2

Trace complete.
```

Slika 5.1.7. Rezultat naredbe *tracert*

Upoređujući IP adrese sa slike sa IP adresama iz tabele adresiranja u odeljku test mreža, može se zaključiti da putanja izgleda ovako: PC_A – R2 – R4 – R5 – R7 – PC_B.

Na slici 5.1.8. ponovo je prikazan rezultat naredbe *tracert*.


```
Command Prompt
C:\>tracert 192.168.2.2

Tracing route to 192.168.2.2 over a maximum of 30 hops:

  1  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.1.1
  2  0 ms    2 ms    1 ms    192.168.10.6
  3  0 ms    1 ms    1 ms    192.168.10.14
  4  2 ms    12 ms   2 ms    192.168.10.18
  5  13 ms   3 ms    10 ms   192.168.10.30
  6  1 ms    3 ms    2 ms    192.168.2.2

Trace complete.
```

Slika 5.1.8. Rezultat naredbe tracert

Sada se na isti način kao i sa prethodne slike može uočiti da putanja izgleda ovako: PC_A – R1 – R3 – R4 – R5 – R7 – PC_B. Upoređujući sliku 5.1.8. sa slikom 5.1.7. primećuje se da sada paket ide preko rutera R3 a ne preko rutera R2. Ovo se dešava zbog već pomenute *Load Balacing* tehnike. Putanja paketa nakon rutera R4 identična je u oba slučaja. U narednom tekstu biće prikazane samo putanje paketa preko rutera R2. Treba takođe uočiti da paket u normalnom režimu rada nikada neće stići do rutera R6. Ruter R6 postavljen je kao *backup* ruter preko koga će saobraćaj ići samo u slučaju pada linka između rutera R5 i R7. Ova situacija biće detaljno opisana u narednom potpoglavlju.

5.2. Pad linka između rutera R5 i R7

Pad linka simuliraćemo naredbom *shutdown* na serijskom interfejsu s0/0/1 rutera R7. Isti rezultat bi se dobio i da je naredba izvršena na serijskom interfejsu s0/0/1 rutera R5. Nakon izvršenja naredbe *shutdown* dobija se obaveštenje *OSPF-5-ADJCHG (Adjacency Change)* odnosno obaveštenje o promeni susedstva prikazano na slici 5.2.1.

```

R7(config-if)#shutdown

R7(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/1, changed state to administratively down

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/1, changed state to down

05:26:47: %OSPF-5-ADJCHG: Process 10, Nbr 5.5.5.5 on Serial0/0/1 from FULL to DOWN, Neighbor Down:
Interface down or detached

```

Slika 5.2.1. Promena susedstva

Naime, kako je došlo do pada linka između rutera R5 i R7, onemogućen je prenos OSPF *Hello* paketa na tom linku. OSPF protokol rutiranja koristi *Hello* i *Dead* intervale kako bi otkrio pad linka. *Hello* interval je vreme u sekundama koje protekne između slanja dva *Hello* paketa. *Dead* interval predstavlja vreme u sekundama nakon čijeg isteka se smatra daje link pao. Kada ruter primi *Hello* paket on resetuje *Dead* interval na definisanu vrednost. Difoltna vrednost za *Hello* interval je 10 sekundi, dok se za *Dead* interval koristi četiri puta veća vrednost odnosno 40 sekundi. U tabeli suseda rutera R7 sada će se nalaziti samo ruter R6.

Na slici 5.2.2. prikazana je tabela rutiranja na ruteru R1.

```

R1#show ip route
Codes: L - local, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

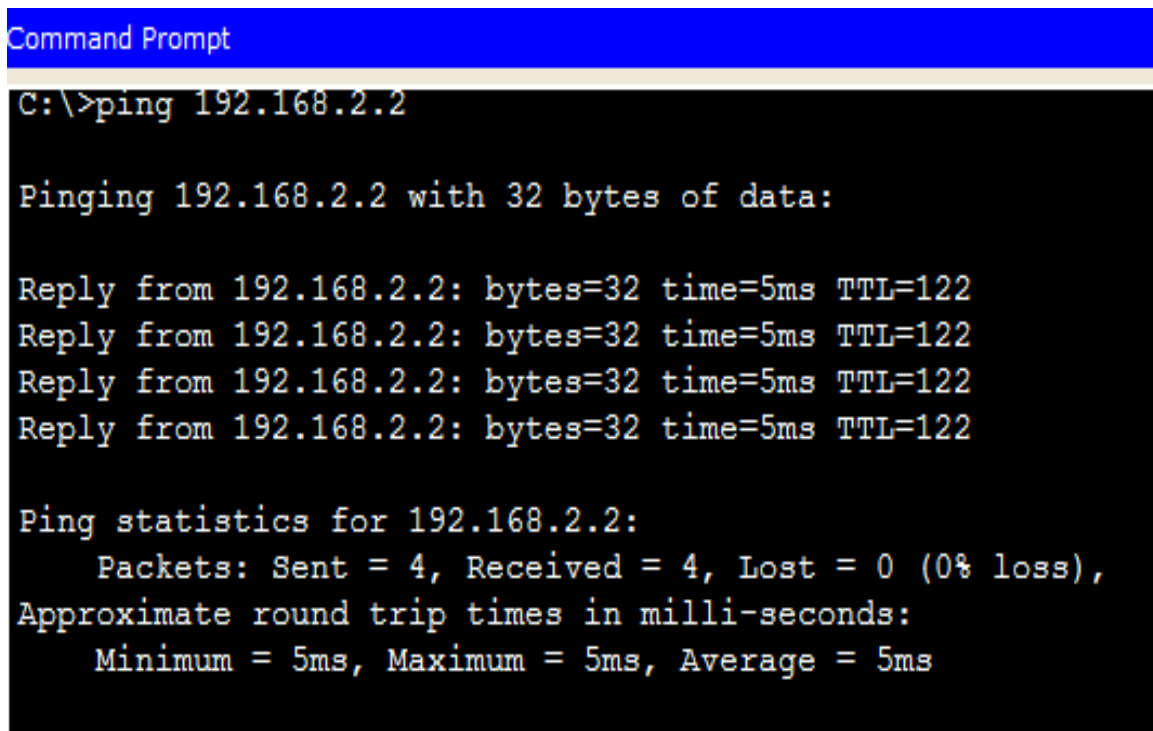
    192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L       192.168.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
O       192.168.2.0/24 [110/3245] via 192.168.10.2, 00:00:47, Serial0/1/0
        [110/3245] via 192.168.10.6, 00:00:47, Serial0/1/1
    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 9 subnets, 2 masks
C       192.168.10.0/30 is directly connected, Serial0/1/0
L       192.168.10.1/32 is directly connected, Serial0/1/0
C       192.168.10.4/30 is directly connected, Serial0/1/1
L       192.168.10.5/32 is directly connected, Serial0/1/1
O       192.168.10.8/30 [110/1294] via 192.168.10.2, 00:01:05, Serial0/1/0
O       192.168.10.12/30 [110/1294] via 192.168.10.6, 00:01:05, Serial0/1/1
O       192.168.10.16/30 [110/1941] via 192.168.10.2, 00:00:47, Serial0/1/0
        [110/1941] via 192.168.10.6, 00:00:47, Serial0/1/1
O       192.168.10.20/30 [110/2588] via 192.168.10.2, 00:00:47, Serial0/1/0
        [110/2588] via 192.168.10.6, 00:00:47, Serial0/1/1
O       192.168.10.24/30 [110/3235] via 192.168.10.2, 00:00:47, Serial0/1/0
        [110/3235] via 192.168.10.6, 00:00:47, Serial0/1/1

```

Slika 5.2.2. Tabela rutiranja na ruteru R1

Upoređujući sliku 5.2.2. sa slikom 5.2.1. koja predstavlja tabelu rutiranja na ruteru R1 u normalnom režimu rada, zaključuje se da OSPF ruta koja se odnosi na mrežu 192.168.10.28/30 ne postoji u tabeli na slici 5.2.2. Naime, pošto je link vezan za tu mrežnu adresu pao, ruteri pogođeni tom promenom (ruteri R5 i R7) prosleđuju LSA pakete ostalim ruterima u mreži. LSA paketi sadrže informaciju o promeni topologije. Kao što je već opisano u poglavlju OSPF, ruter nakon što primi LSA paket ponovo pokreće SPF algoritam i modifikuje tabelu rutiranja.

Na slici 5.2.3. prikazan je rezultat naredbe *ping*. Kao što se može videti sa slike, konekcija između računara PC_A i PC_B je omogućena.



```
Command Prompt
C:\>ping 192.168.2.2

Pinging 192.168.2.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=5ms TTL=122
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=5ms TTL=122
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=5ms TTL=122
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=5ms TTL=122

Ping statistics for 192.168.2.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 5ms, Maximum = 5ms, Average = 5ms
```

Slika.5.2.3 rezultat naredbe ping

Na slici 5.2.4. prikazan je rezultat naredbe *tracert*.

```
Command Prompt

C:\>tracert 192.168.2.2

Tracing route to 192.168.2.2 over a maximum of 30 hops:

  1  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.1.1
  2  1 ms    0 ms    0 ms    192.168.10.2
  3  0 ms    1 ms    2 ms    192.168.10.10
  4  2 ms    1 ms    2 ms    192.168.10.18
  5  1 ms    4 ms    4 ms    192.168.10.22
  6  2 ms    2 ms    3 ms    192.168.10.26
  7  2 ms    2 ms    5 ms    192.168.2.2

Trace complete.
```

Slika 5.2.4. Rezultat naredbe tracert

Upoređujući sliku 5.2.4. sa slikom 5.1.7. koja predstavlja putanju do računara PC_B u slučaju normalnog režima rada, zaključuje se da je došlo do promene u putanji. Ovu promenu izazvao je pad linka između rutera R5 i R7. Naime, paketi sada idu putanjom: PC_A – R1 – R2 – R4 – R5 – R6 – R7 – PC_B. U ovom slučaju paketi prolaze kroz ruter R6 koji služi kao *backup* ruter.

Ponovno vraćanje linka u rad postiže se naredbom *no shutdown* na serijskom interfejsu s0/0/1 rutera R7. Kao što se dobija obaveštenje o promeni susedstva pri gašenju linka, na isti način dobija se i obaveštenje o ponovnom uspostavljanju susedstva pri aktiviranju linka prikazano na slici 5.2.5.

```
R7(config-if)#no shutdown

R7(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/1, changed state to up

R7(config-if)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/1, changed state to up

R7(config-if)#
00:41:57: %OSPF-5-ADJCHG: Process 10, Nbr 5.5.5.5 on Serial0/0/1 from LOADING to FULL, Loading Done
```

Slika 5.2.5. Promena susedstva

5.3. Pad linka između rutera R4 i R5

Kao i u prethodnom slučaju pad linka simuliraćemo naredbom *shutdown*, ali ovoga puta na serijskom interfejsu s0/0/0 rutera R5. Isti rezultat bi se dobio i da je naredba izvršena na serijskom interfejsu s0/0/0 rutera R4.

Na slici 5.3.1. prikazana je tabela rutiranja na ruteru R1.

```
R1#show ip route
Codes: L - local, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

    192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L       192.168.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 2 masks
C       192.168.10.0/30 is directly connected, Serial0/1/0
L       192.168.10.1/32 is directly connected, Serial0/1/0
C       192.168.10.4/30 is directly connected, Serial0/1/1
L       192.168.10.5/32 is directly connected, Serial0/1/1
O       192.168.10.8/30 [110/1294] via 192.168.10.2, 00:00:56, Serial0/1/0
O       192.168.10.12/30 [110/1294] via 192.168.10.6, 00:00:56, Serial0/1/1
```

Slika 5.3.1. Tabela rutiranja na ruteru R1

Upoređujući sa slikom 5.1.1. koja predstavlja tabelu rutiranja na ruteru R1 u normalnom režimu rada, uočava se velika razlika. Naime, sada postoje samo dve OSPF rute u tabeli rutiranja. Kako ne postoji *backup* link za ruter R4 ka ruteru R5, R6, ili R7, ruter R1 ni na koji način ne može primiti LSA pakete poslate od rutera R5, R6 i R7, što se jasno može uočiti ako se pogleda topologija mreže sa slike 4.1.

Na slici 5.3.2. prikazan je rezultat naredbe *ping*.

```
Command Prompt

C:\>ping 192.168.2.2

Pinging 192.168.2.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.1: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.1.1: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.1.1: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.1.1: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.2.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),
```

Slika 5.3.2. Rezultat naredbe ping

Kao što se može videti sa slike 5.3.2 konekcija između računara PC_A i PC_B ne postoji. PC_A pošalje paket do rutera R1. Ruter R1 u svojoj tabeli rutiranja traži rutu koja se odnosi na mrežnu adresu 192.168.2.0. S obzirom da u tabeli rutiranja ne postoji takva ruta, ruter R1 neće proslediti paket. Ova situacija može se videti naredbom *tracert* 192.168.2.2. Na slici 5.3.3. je prikazan rezultat naredbe *tracert*.

```
Command Prompt

C:\>tracert 192.168.2.2

Tracing route to 192.168.2.2 over a maximum of 30 hops:

  1  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.1.1
  2  0 ms    *       0 ms    192.168.1.1
  3  *       0 ms    *       Request timed out.
  4  0 ms    *       0 ms    192.168.1.1
  5  *       0 ms    *       Request timed out.
  6  0 ms    *       0 ms    192.168.1.1
  7  *       0 ms    *       Request timed out.
  8  0 ms    *       0 ms    192.168.1.1
  9  *       0 ms    *       Request timed out.
 10  0 ms    *       0 ms    192.168.1.1
 11  *       0 ms    *       Request timed out.
 12  0 ms    *       0 ms    192.168.1.1
 13  *       0 ms    *       Request timed out.
 14  0 ms    *       0 ms    192.168.1.1
 15  *       0 ms    *       Request timed out.
 16  0 ms    *       0 ms    192.168.1.1
 17  *       0 ms    *       Request timed out.
 18  0 ms    *       0 ms    192.168.1.1
```

Slika 5.3.3. Rezultat naredbe tracert

Kako bismo bili sigurni da do ovakve situacije neće doći, poželjno je uvek obezbediti *backup* rutu.

6. ZAKLJUČAK

Cilj ove teze bio je predstavljanje osnovnih karakteristika OSPF protokola rutiranja. U *Packet Tracer* simulatoru prikazane su osnovne komande za konfigurisanje OSPF protokola. Simulirana je konvergencija mreže nakon promene u topologiji, u našem slučaju pada jednog linka. Važan zaključak iz odeljka 5.3. je da uvek treba obezbediti *backup* rutu.

Ova teza predstavlja samo osnovne mogućnosti OSPF protokola rutiranja. Čitalac se ohrabruje da sam istraži koje još mogućnosti OSPF protokol nudi.

LITERATURA

- [1] <http://www.cisco.com/>
- [2] <http://www.wikipedia.org/>
- [3] Andrew S. Tanenbaum, *Računarske mreže*, Mikro knjiga 2005. (str. 436, OSPF – unutrašnji protokol za mrežni prolaz)
- [4] Dr Nenad Krajnović, OSPFv2 protokol rutiranja predavanja,
http://telekomunikacije.etf.bg.ac.rs/predmeti/ot4ai/rutiranje-deo_2.pdf
- [5] Dr Aleksandra Smiljanić, Routing Protocols predavanja,
<http://home.etf.rs/~aleksandra/ROPI.html> (Slajdovi 8)