

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU



ANALIZA MREŽNOG SIMULATORA PSIMULATOR2

– Diplomski rad –

Kandidat:

Nemanja Pavlović 2009/423

Mentor:

doc. dr Zoran Čiča

Beograd, Jul 2016.

SADRŽAJ

SADRŽAJ	2
1. UVOD	3
2. UPUTSTVO ZA KORIŠĆENJE SOFTVERA PSIMULATOR2	5
2.1. INSTALACIJA	5
2.2. ARHITEKTURA SIMULATORA	6
2.3. KRATAK OPIS KREIRANJA NOVOG SCENARIJA MREŽNE SIMULACIJE	6
2.4. POKRETANJE <i>FRONTEND</i> DELA SIMULATORA	6
2.5. ALATI I MREŽNI UREĐAJI NA RASPOLAGANJU	8
2.6. KREIRANJE MREŽNE TOPOLOGIJE	9
2.7. POKRETANJE <i>BACKEND</i> DELA SIMULATORA	10
2.8. SIMULACIJA	11
2.8.1. <i>Pokretanje simulacije</i>	11
2.8.2. <i>Testiranje mreže</i>	12
2.8.3. <i>Čuvanje konfiguracija uređaja</i>	14
3. DEMONSTRACIONE LABORATORIJSKE VEŽBE	15
3.1. LABORATORIJSKA VEŽBA 2 – LINUX RUTERI	15
3.2. LABORATORIJSKA VEŽBA 3 – CISCO RUTERI	22
4. ZAKLJUČAK	28
LITERATURA	29

1. UVOD

Računarska mreža je pojam koji se odnosi na računare i druge uređaje koji su međusobno povezani kablovima ili na drugi način, a u svrhu međusobne komunikacije i deljenja podataka. U računarskoj mreži osim računara mogu biti i habovi, svičevi i ruteri. Različite tehnologije mogu se koristiti za prenos podataka s jednog mesta na drugo, uključujući kablove, radio talase i mikrotalasni prenos.

Podela računarskih mreža se može izvršiti na:

i) *Local Area Network (LAN)*

Mreža visoke brzine koja pokriva relativno malu geografsku površinu. Najčešće umrežava radne stanice, računare, printere, servere i ostale uređaje.

ii) *Metropolitan Area Network (MAN)*

Sastoji se iz mnogo računara koji se nalaze u jednom gradu ili kampusu.

iii) *Wide Area Network (WAN)*

Pokriva relativno veliku geografsku površinu a najpoznatija WAN mreža je Internet.

iv) *Personal Area Network (PAN)*

Ograničena je na samo nekoliko metara razdaljine. Najčešće se radi o komunikaciji između manjih uređaja sa računarom ili između samih računara koji su blizu jedan drugome.

Mrežni protokol definiše zajednički skup pravila i signala prema kojima se ponašaju računari koji su umreženi. Mrežni protokoli su ujedno i najvažniji elementi jedne računarske mreže[1].

Računarske mreže su oblast telekomunikacija koja se stalno menja i unapređuje. Konstantno se razvijaju nove ideje i koncepti i oni zahtevaju nove mrežne protokole i tehnologije. Usled kompleksnosti ovih tehnologija postoje mnogi izazovi u njihovom razvijanju, implementiranju i razumevanju. Mrežna simulacija ovde igra veliku ulogu.

Simulacijom nazivamo bilo koji proces kojim imitiramo ili prikazujemo realan proces u kontrolisanoj okolini, obično na pojednostavljen način. Simulatorom nazivamo aplikaciju ili bilo kakav drugi mehanizam koji prikazuje realan proces. Simulacija mreže imitira događaje u stvarnoj računarskoj mreži na pojednostavljen način. Većina aktuelnih mrežnih simulatora zasnovana je na diskretnim događajima, što znači da objekti koji učestvuju u simulaciji zakazuju događaje na vremenskoj osi koji se zatim izvode redom kojim su zakazani. Svaki od tih događaja može prilikom izvođenja zakazati jedan ili više događaja s određenim vremenskim razmakom. Mrežna simulacija je najkorisnija i najčešće korišćena metoda za evaluaciju i ispitivanje različitih mrežnih topologija i struktura bez njihove konkretne implementacije. Tokom poslednje decenije mrežna simulacija je postala izuzetno bitna i kao jedan od najvećih razloga za to se navodi ogroman razvoj mrežnih tehnologija i interneta.

Mrežni simulatori su softver koji služi za predviđanje rada računarskih mreža. Naširoko se koriste u inženjerskoj zajednici. Glavna motivacija koja stoji iza razvijanja mrežnih simulatora je povećanje pouzdanosti i smanjenje troškova pri razvijanju novih mrežnih tehnologija[2].

U ovom radu biće opisan mrežni simulator Psimulator2. Biće izloženo uputstvo za njegovo korišćenje kroz jednostavnu laboratorijsku vežbu. Pored toga, u radu će se još nalaziti i dve komplikovanije demonstracione laboratorijske vežbe u kojima će detaljno biti opisano kreiranje složenijih mrežnih topologija koje uključuju Linux i Cisco rutere i njihovo simuliranje. Projekat je rađen u Ubuntu 14.10 operativnom sistemu koristeći Java 7 platformu.

2. UPUTSTVO ZA KORIŠĆENJE SOFTVERA PSIMULATOR2

PSimulator2 je grafički mrežni simulator razvijen od strane Češkog Tehničkog Univerziteta u Pragu. Može se koristiti na operativnim sistemima baziranim na Linuxu, kao što je na primer Ubuntu. U ovom odeljku će biti opisani postupak instalacije simulatora, njegova arhitektura, pregled mogućnosti, alati i mrežni uređaji koji su na raspolaganju. Takođe, biće izloženo i uputstvo za rad kroz simulaciju jednostavne mreže koja se sastoji od jednog sviča i dva računara.

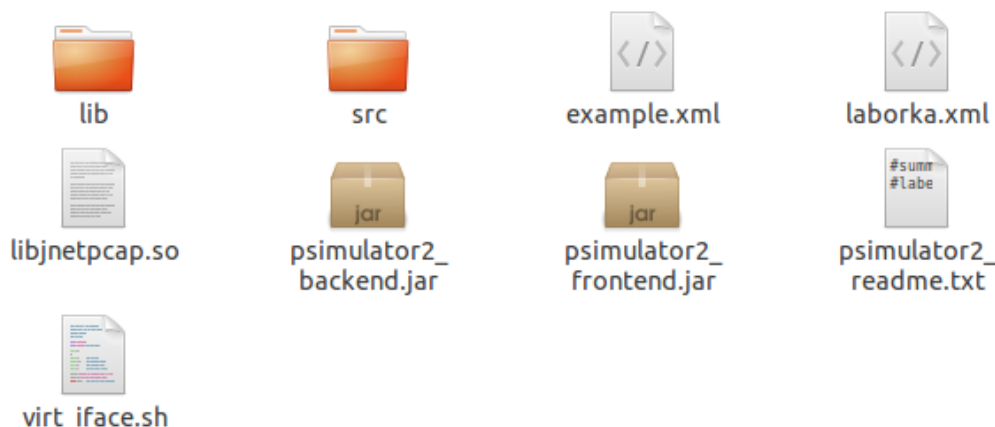
2.1. Instalacija

Instalacija ovog simulatora se odvija u dva koraka:

i) Mrežni simulator *PSimulator2* se može preuzeti na sledećoj adresi:

<https://code.google.com/archive/p/psimulator/downloads>

Preuzima se ZIP arhiva koja se zatim otpakuje i fajlovi iz nje se premeste u željeni folder.



Slika 2.1.1. Instalacioni folder.

ii) *PSimulator2* zahteva *Java 7 run-time* okruženje. Ono se instalira preko Ubuntu terminala unoseći sledeće komande:

```
sudo add-apt-repository ppa:webupd8team/java  
sudo apt-get update  
sudo apt-get install oracle-java7-installer
```

Na ovaj način je instaliran *Java Runtime Enviroment* koji je potreban za pokretanje simulatora.

2.2. Arhitektura simulatora

Psimulator2 je podeljen u dva dela:

- i) *frontend* je GUI (*Graphical User Interface*) deo ovog simulatora. U njemu se kreiraju mrežne topologije. Dodatno, nakon početka simulacije, u njemu se prikazuju paketi koji se šalju u dotičnoj mreži. U ovom delu simulatora se kreirane topologije mogu sačuvati u obliku XML fajlova.
- ii) *backend* deo pokreće simulaciju na osnovu podataka iz XML fajla koji se kreira u *frontend* delu.

Znači, *frontend* i *backend* rade zajedno u procesu simulacije mreže.

2.3. Kratak opis kreiranja novog scenarija mrežne simulacije

Da bi se napravio novi scenario u *Psimulator2* prate se sledeći koraci:

- i) Pokrene se *frontend*.
- ii) U GUI interfejsu se kreira željena topologija.
- iii) Topologija se sačuva kao XML fajl.
- iv) Pokrene se *backend* koji koristi podatke iz XML fajla.
- v) *frontend* se konektuje na već pokrenutu *backend* simulaciju i preko grafičkog interfejsa se demonstriraju mogućnosti mreže koja se simulira.

2.4. Pokretanje *frontend* dela simulatora

Da bi se pokrenuo *frontend* deo simulatora, za radni direktorijum Ubuntu terminala se postavi direktorijum u kome se nalazi *frontend* fajl (smatra se da se je polazni direktorijum root):

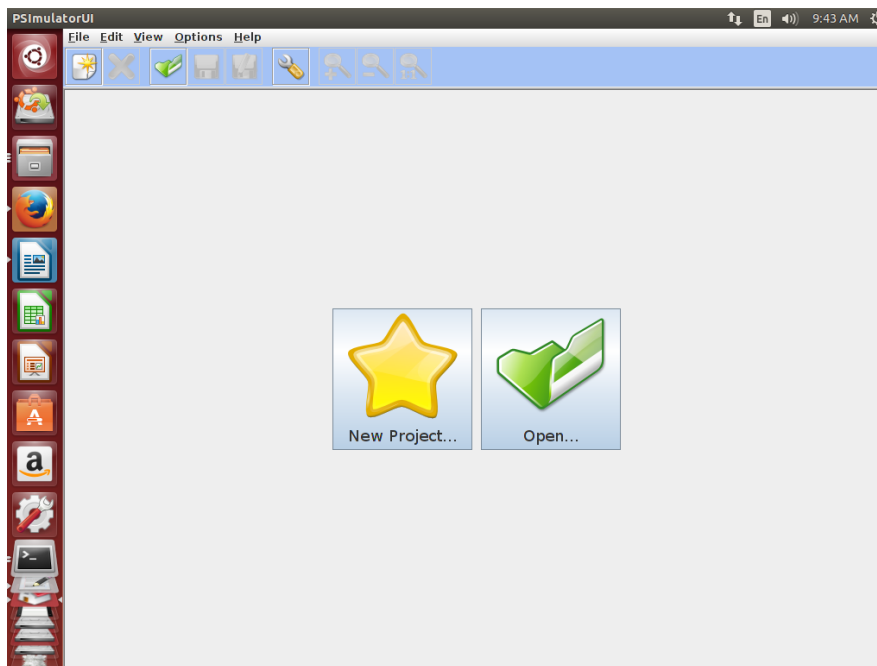
```
cd media/ubuntu/Nemanja/Psimulator2
```

Nemanja je ime particije hard diska u kojoj se nalazi folder **Psimulator2**.

Nakon toga, *frontend* deo simulatora (GUI) se pokreće unoseći sledeću komandu u Ubuntu terminal:

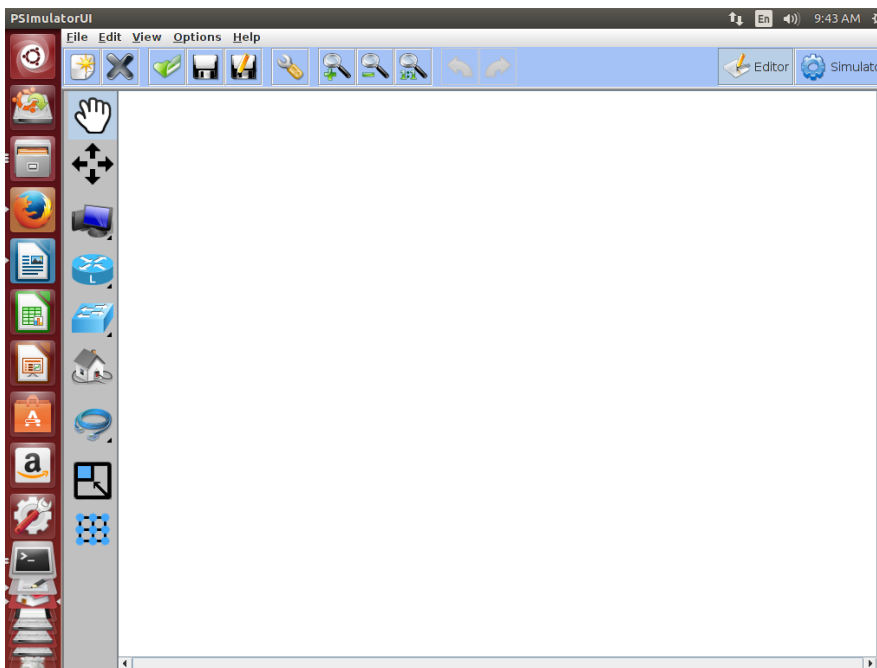
```
java -jar psimulator2_frontend.jar
```

Prva stvar koja se mora uraditi je odabir između kreiranja nove topologije ili korišćenja već sačuvane topologije. Kreiraćemo novu mrežnu topologiju.



Slika 2.4.1. Početni ekran simulatora.

Nakon izbora opcije *New Project* otvara se radna površina na kojoj se kreira nova topologija.



Slika 2.4.2. Radna površina.

Psimulator2 sada ulazi u *Editor* mod i vidimo praznu radnu površinu sa raznim tulbarovima.

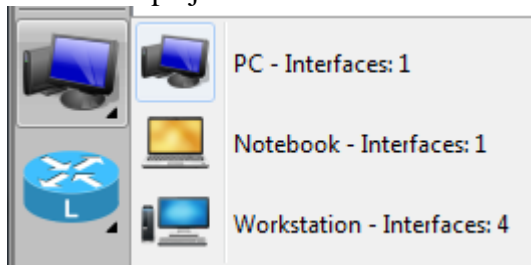
2.5. Alati i mrežni uređaji na raspolaganju

Iznad radne površine se nalazi *toolbar* u kome imamo opcije:

- i) *New Project* - kreiranje nove topologije
- ii) *Close* - prekid rada na trenutnoj topologiji
- iii) *Open* - otvaranje prethodno sačuvane topologije
- iv) *Save* i *Save As* - čuvanje trenutne topologije
- v) *Zoom In*, *Zoom Out* i *Zoom Reset* - kontrolisanje zumiranja
- vi) *Undo* i *Redo* - poništavanje/povratak izvršene/obrisane komande

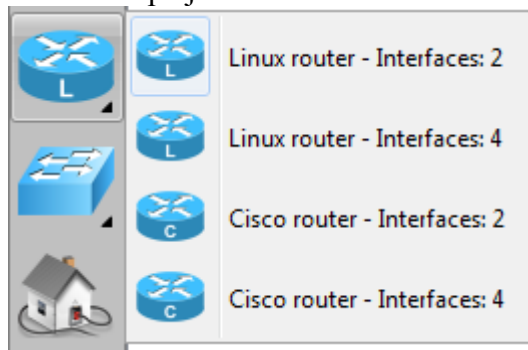
Na levoj strani radne površine imamo *toolbar* u kome se nalaze opcije:

- i) *Hand Tool* - koristi se za pomeranje mrežnih uređaja po radnoj površini.
- ii) *Canvas Move* - koristi se za kretanje po radnoj površini.
- iii) *PC* - koristi se za ubacivanje računara na radnu površinu. Desnim klikom na ikonicu otvara se meni u kome možemo izabrati sledeće opcije:



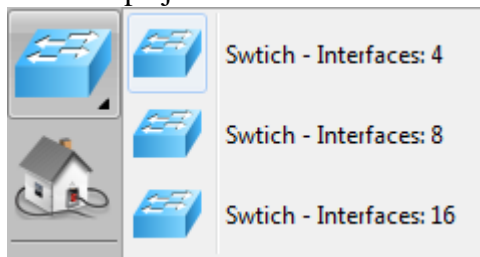
Slika 2.5.1. Tipovi računara koje možemo koristiti.

- iv) *Router* - koristi se za ubacivanje rutera na radnu površinu. Desnim klikom na ikonicu otvara se meni u kome možemo izabrati sledeće opcije:



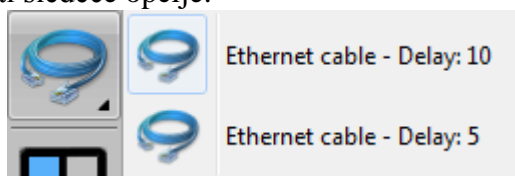
Slika 2.5.2. Tipovi rutera koje možemo koristiti.

- v) *Switch* - koristi se za ubacivanje svičeva na radnu površinu. Desnim klikom na ikonicu otvara se meni u kome možemo izabrati sledeće opcije:



Slika 2.5.3 Tipovi svičeva koje možemo koristiti.

- vi) *Real PC* - koristi se kada hoćemo da povežemo simuliranu mrežu sa pravim računarom.
- vii) *Ethernet cable* - koristi se za povezivanje mrežnih uređaja. Desnim klikom na ikonicu otvara se meni u kome možemo izabrati sledeće opcije:

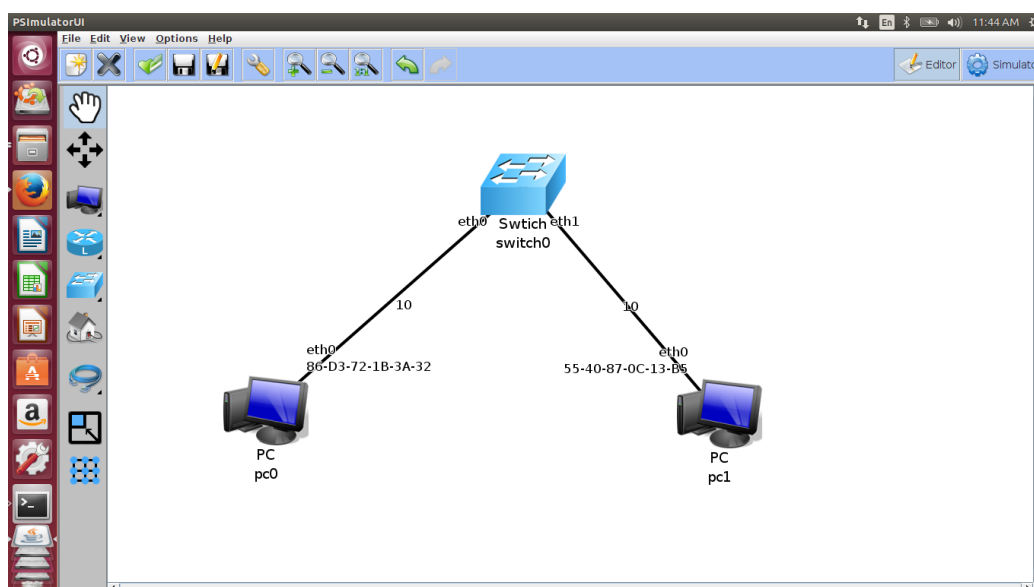


Slika 2.5.4. Tipovi kablova koje možemo koristiti.

- viii) *Align to Grid* - koristi se za poravnavanje uređaja tj. postavljanje uređaja u istu ravan.

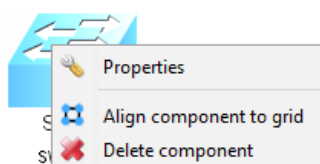
2.6. Kreiranje mrežne topologije

Sada ćemo kreirati mrežnu topologiju u kojoj se nalaze dva računara i jedan svič. Postavljamo uređaje na radnu površinu i povezujemo ih kablovima.



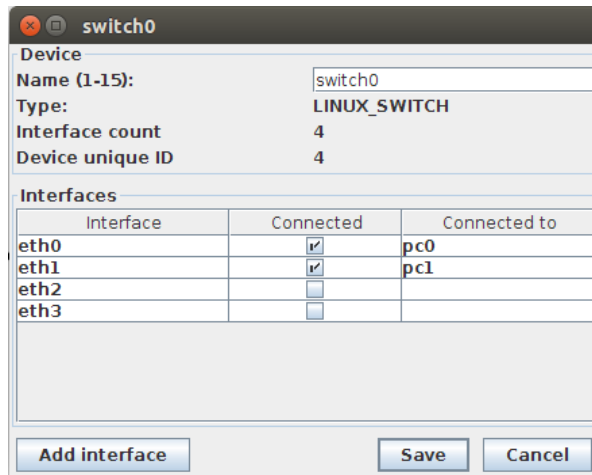
Slika 2.6.1. Mrežna topologija koja se ispituje.

Odabirom *Hand Tool* alata i desnim klikom na pojedine uređaje otvara se sledeći padajući meni:



Slika 2.6.2. Padajući meni koji se otvara desnim klikom na svič.

Odabirom opcije *Properties* možemo izvršavati podešavanje uređaja. Meni u kome se vrši podešavanje sviča izgleda ovako:



Slika 2.6.3. Prozor u kome se vrši podešavanje sviča.

Kao što se vidi, može se promeniti ime uređaja i čekirati konekcija sa drugim uređajima.

Za sve računare i rutere u mreži vršimo unos IP adresa. U sledećoj tabeli se nalaze IP adrese računara, podaci o uređajima na koje su povezani i portovima preko kojih su povezani.

Tabela 3.3.1. Bitni podaci o računarima.

IME RAČUNARA	PORT	POVEZANI UREĐAJ	IPADRESA/MASKA
pc0	eth0	Switch1	10.0.100.2/24
pc1	eth0	Switch1	10.0.100.3/24

Kada smo završili unos podataka, preko opcije *Save As* snimamo ovu mrežnu topologiju pod imenom "lab1.xml" u folderu u kom je instaliran simulator i zatvaramo *frontend*.

2.7. Pokretanje *backend* dela simulatora

Da bismo pokrenuli simulaciju ove mreže, moramo da učitamo sačuvanu topologiju u *backend* deo simulatora. To se radi unošenjem sledeće dve komande u Ubuntu terminal:

cd media/ubuntu/Nemanja/Psimulator2 - menjanje aktivnog direktorijuma

java -jar psimulator2_backend.jar lab1.xml - učitavanje topologije

Drugom komandom se *backend* delu simulatora prosleđuje .xml fajl u kome je sačuvana topologija. Nakon izvršavanja komandi otvara se sledeći prozor koji nam potvrđuje uspešno učitavanje podataka iz sačuvane topologije:

```

ubuntu@ubuntu: /media/ubuntu/Nemanja/Psimulator2
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-7-oracle/jre/lib/i386/libnpx2.so to
provide /usr/lib/mozilla/plugins/libjavaplugin.so (mozilla-javaplugin.so) in a
uto mode
Oracle JRE 7 browser plugin installed
Setting up gsfonx-x11 (0.22) ...
ubuntu@ubuntu:~$ cd ..
ubuntu@ubuntu:/home$ cd ..
ubuntu@ubuntu:/$ cd home/ubuntu/media
bash: cd: home/ubuntu/media: No such file or directory
ubuntu@ubuntu:/$ cd media/ubuntu/Nemanja/Psimulator2
bash: media/ubuntu/Nemanja/Psimulator2: Is a directory
ubuntu@ubuntu:/$ cd media/ubuntu/Nemanja/Psimulator2
ubuntu@ubuntu:/media/ubuntu/Nemanja/Psimulator2$ java -jar psimulator2_backend.j
ar lab1.xml
Starting Psimulator2, build 2016-07-12
[IMPORTANT] TELNET: TELNET LISTENING PORT: : Device: pc0    listening port: 110
00 (pc0)
[IMPORTANT] TELNET: TELNET LISTENING PORT: : Device: pc1    listening port: 110
01 (pc1)
[IMPORTANT] NETWORK_MODEL_LOAD_SAVE: config.configTransformer.Loader: Configur
ation succesfully loaded from: lab1.xml
[IMPORTANT] EVENTS_SERVER: PACKET FLOW SERVER: : Server sucesfully started, lis
tening on port: 12000

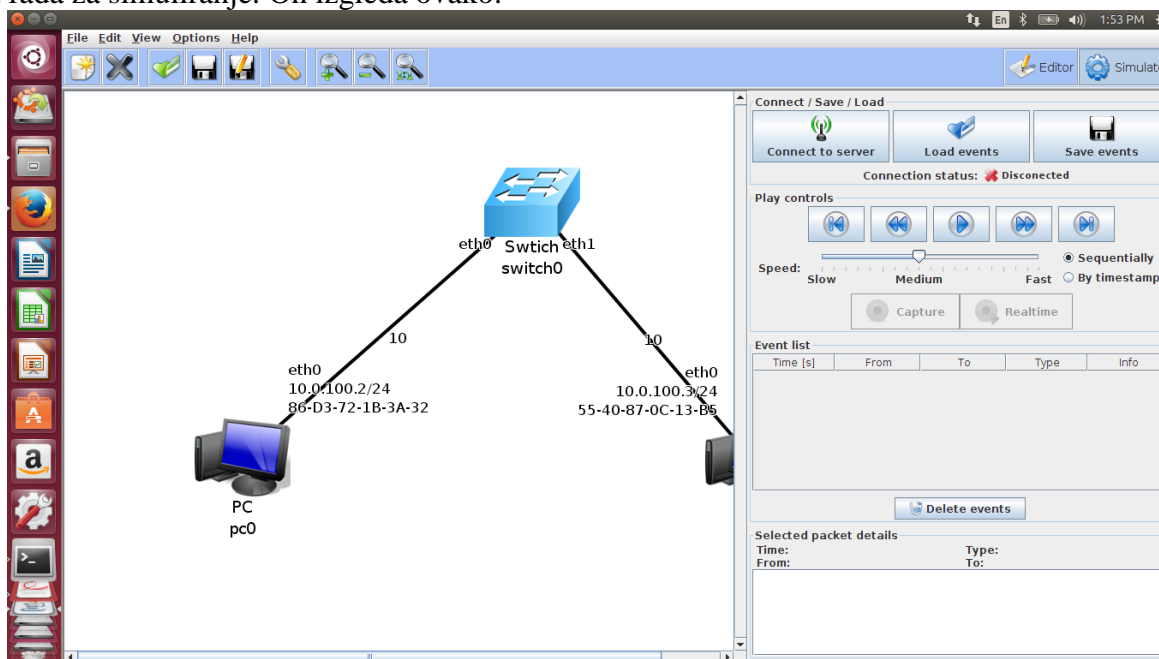
```

Slika 2.7.1. Potvrda uspešnog učitavanja mrežne topologije.

2.8. Simulacija

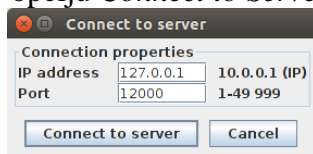
2.8.1. Pokretanje simulacije

Ponovo pokrećemo *frontend* deo simulatora (u novom terminalu) i u njemu učitavamo topologiju "lab1.xml". U gornjem desnom uglu interfejsa izaberemo opciju *Simulator* i prelazimo u mod rada za simuliranje. On izgleda ovako:



Slika 2.8.1. Mod rada za simuliranje.

Da bi pokrenuli simulaciju izaberemo opciju *Connect to Server*. Otvara se sledeći prozor:



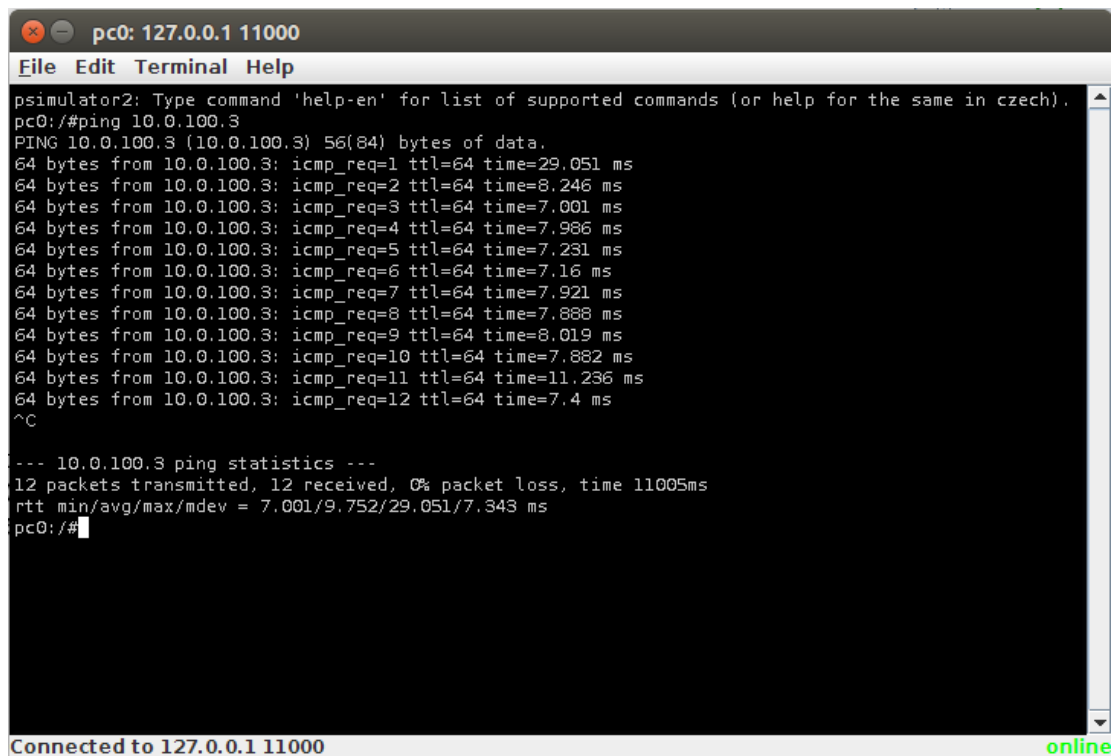
Slika 2.8.2. Podaci o serveru na koji želimo da se povežemo.

Možemo ostaviti ova podešavanja. Konektujemo se na server.

2.8.2. Testiranje mreže

Sada ćemo testirati mrežu slanjem paketa kroz nju od **pc0** ka **pc1**. U *telnet* prozor računara **pc0** se unosi komanda:

ping 10.0.100.3



Slika 2.8.3. Izgled telnet prozora računara *pc0* u toku slanja paketa.

```

ubuntu@ubuntu: /media/ubuntu/Nemanja/Psimulator2
[INFO] NET: pc0      IPlayer: IpPacket: src: 10.0.100.3 dst: 10.0.100.2 ttl: 64
IPv4 | IcmpPacket: REPLY ZERO id: 1025 seq=10 | Received IP packet destined to
be mine.
[INFO] NET: pc0      IPlayer: IpPacket: src: 10.0.100.2 dst: 10.0.100.3 ttl: 64
IPv4 | IcmpPacket: REQUEST ZERO id: 1025 seq=11 | Sending packet.
[INFO] NET: pc1      IPlayer: IpPacket: src: 10.0.100.2 dst: 10.0.100.3 ttl: 64
IPv4 | IcmpPacket: REQUEST ZERO id: 1025 seq=11 | Received IP packet destined to
be mine.
[INFO] NET: pc1      IPlayer: IpPacket: src: 10.0.100.3 dst: 10.0.100.2 ttl: 64
IPv4 | IcmpPacket: REPLY ZERO id: 1025 seq=11 | Sending packet.
[INFO] NET: pc0      IPlayer: IpPacket: src: 10.0.100.3 dst: 10.0.100.2 ttl: 64
IPv4 | IcmpPacket: REPLY ZERO id: 1025 seq=11 | Received IP packet destined to
be mine.
[INFO] NET: pc0      IPlayer: IpPacket: src: 10.0.100.2 dst: 10.0.100.3 ttl: 64
IPv4 | IcmpPacket: REQUEST ZERO id: 1025 seq=12 | Sending packet.
[INFO] NET: pc1      IPlayer: IpPacket: src: 10.0.100.2 dst: 10.0.100.3 ttl: 64
IPv4 | IcmpPacket: REQUEST ZERO id: 1025 seq=12 | Received IP packet destined to
be mine.
[INFO] NET: pc1      IPlayer: IpPacket: src: 10.0.100.3 dst: 10.0.100.2 ttl: 64
IPv4 | IcmpPacket: REPLY ZERO id: 1025 seq=12 | Sending packet.
[INFO] NET: pc0      IPlayer: IpPacket: src: 10.0.100.3 dst: 10.0.100.2 ttl: 64
IPv4 | IcmpPacket: REPLY ZERO id: 1025 seq=12 | Received IP packet destined to
be mine.

```

Slika 2.8.4. Izgled terminala u toku slanja paketa.

Kombinacijom tastera Ctrl i C se prekida slanje paketa.

U *Event List* sekciji imamo podatke o paketima koji su se slali kroz mrežu a ispod toga imamo detaljnije podatke o pojedinačnim paketima koji se dobijaju klikom na željeni paket u *Event List* sekciji.

Time [s]	From	To	Type	Info
0.233	pc0	switch0	ARP	
0.241	switch0	pc1	ARP	
0.242	pc1	switch0	ARP	
0.242	switch0	pc0	ARP	
0.242	pc0	switch0	ICMP	
0.244	switch0	pc1	ICMP	
0.245	pc1	switch0	ICMP	
0.247	switch0	pc0	ICMP	
1.234	pc0	switch0	ICMP	

Delete events

Selected packet details

Time: 0.242 Type: ARP
From: switch0:eth0 To: pc0:eth0

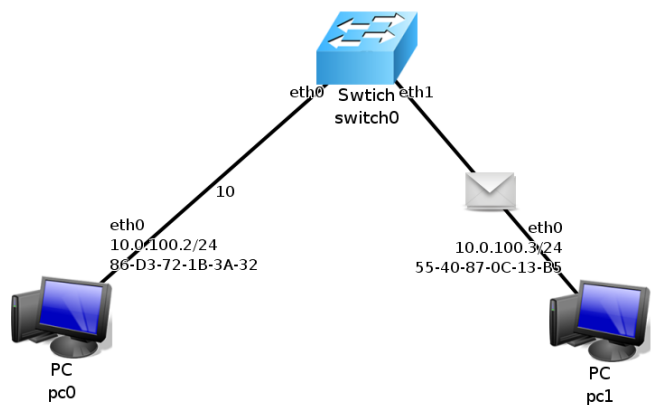
```

=== Ethernet === size: 52
src: 55:40:87:0c:13:b5 dst: 86:d3:72:1b:3a:32
=== ARP ARP_REPLY ===
sender: 55:40:87:0c:13:b5 10.0.100.3
target: 86:d3:72:1b:3a:32 10.0.100.2

```

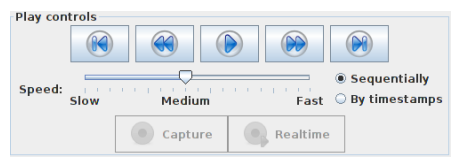
Slika 2.8.5. Podaci o pojedinačnim paketima.

Uključimo opciju *Realtime* da bi nam se grafički prikazala putanja paketa. Paketi su prikazani kao koverta ali postoji opcija da se paketi predstave kao neki drugi predmeti.



Slika 2.8.6. Animacija slanja paketa između računara.

U simulatoru takođe postoji *Playback* opcija preko koje možemo da ponovo posmatramo snimljeno slanje paketa:



Slika 2.8.7. Playback kontrole.

2.8.3. Čuvanje konfiguracija uređaja

Za svaki pojedinačni uređaj kome želimo da sačuvamo konfiguraciju se u *telnet* prozor se unosi komanda

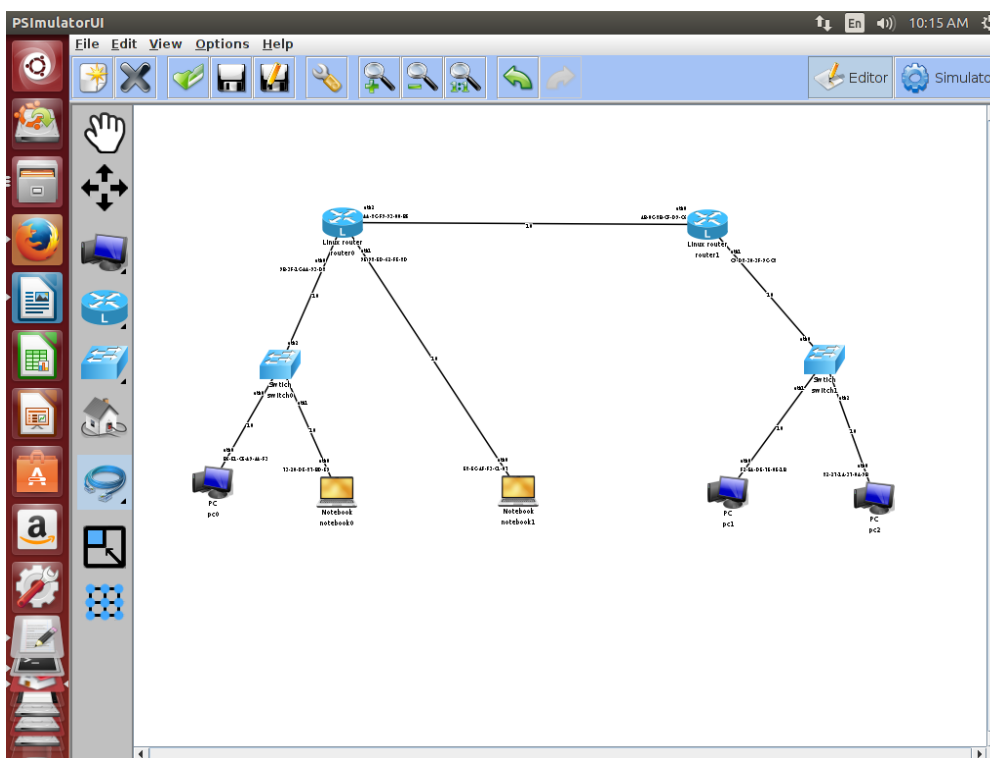
save

3. DEMONSTRACIONE LABORATORIJSKE VEŽBE

U ovom poglavlju postupno će biti demonstrirana simulacija dve složenije računarske mreže u kojima se za rutiranje koriste Linux i Cisco ruteri, respektivno.

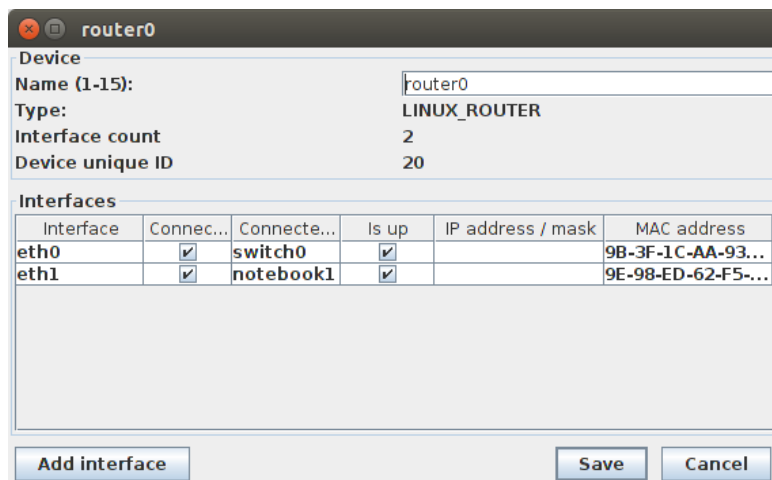
3.1. Laboratorijska vežba 2 – Linux ruteri

U ovoj laboratorijskoj vežbi ćemo kreirati mrežnu topologiju u kojoj se nalazi devet uređaja: dva Linux rutera, dva sviča, tri desktop računara i dva notebook računara. Postavljamo uređaje na radnu površinu i povezujemo ih kablovima.



Slika 3.1.1. Mrežna topologija koja se ispituje.

Ulazimo u meni za podešavanje rutera.



Slika 3.1.2. Prozor u kome se vrši podešavanje rutera.

Kao što se vidi, može se promeniti ime uređaja, čekirati konekcija sa drugim uređajima i vršiti unos i izmena IP adresa/maski. Pri početnom odabiru rutera izabrali smo rutere sa dva interfejsa. U našem konkretnom slučaju, ovi ruteri su povezani sa po tri druga uređaja i po jedan interfejs smo morali da dodamo koristeći opciju *Add Interface*.

Za sve računare i rutere u mreži vršimo unos IP adresa. U sledećoj tabeli se nalaze IP adrese računara, podaci o uređajima na koje su povezani i portovima preko kojih su povezani.

Tabela 3.1.1. Bitni podaci o računarima.

IME RAČUNARA	PORT	POVEZANI UREĐAJ	IPADRESA/MASKA
PC1	eth0	Switch1	10.0.100.2/24
Notebook1	eth0	Switch1	10.0.100.3/24
Notebook2	eth0	Router1	10.0.150.2/24
PC2	eth0	Switch2	10.0.200.2/24
PC3	eth0	Switch2	10.0.200.3/24

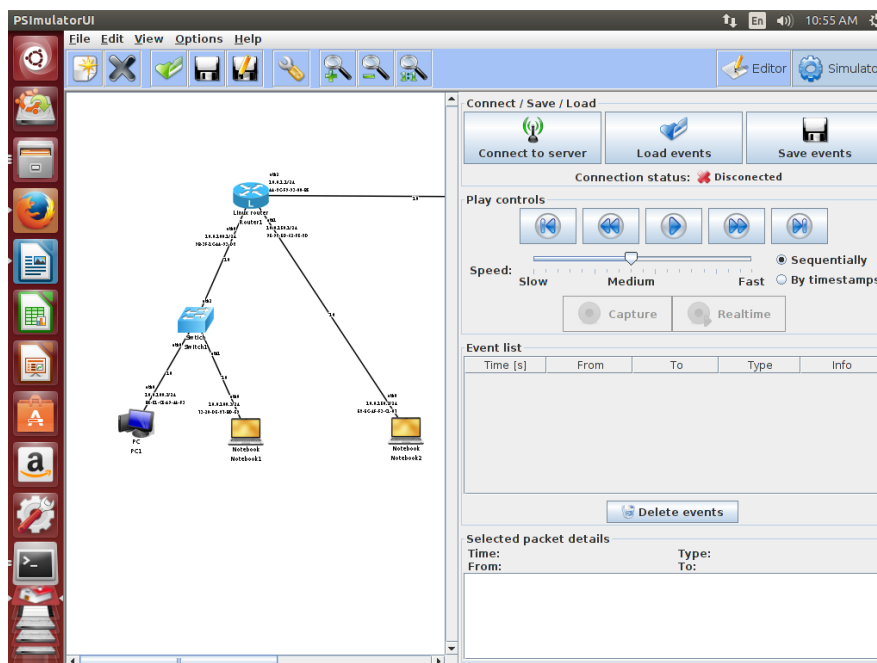
U sledećoj tabeli se nalaze IP adrese rutera i podaci o uređajima na koje su povezani i portovima preko kojih su povezani.

Tabela 3.1.2. Bitni podaci o ruterima.

IME RUTERA	PORT	POVEZANI UREĐAJ	IPADRESA/MASKA
Router1	eth0	Switch1	10.0.100.1/24
	eth1	Notebook2	10.0.150.1/24
	eth2	Router2	10.0.1.1/24
Router 2	eth0	Router1	10.0.1.2/24
	eth1	Switch2	10.0.200.1/24

Kada smo završili unos podataka, snimamo ovu mrežnu topologiju pod imenom "lab2.xml" u folderu u kome je instaliran simulator i zatvaramo *frontend*.

Učitavanje sačuvane topologiju u *backend* deo simulatora se radi kao što je opisano u potpoglavlju 2.7. Ponovo pokrećemo *frontend* deo simulatora (u novom terminalu) i u njemu učitavamo topologiju "lab2.xml". Prelazimo u mod rada za simuliranje i konektujemo se na server.



Slika 3.1.3. Mod rada za simuliranje.

Sada moramo izvršiti konfigurisanje uređaja u mrežnoj topologiji. Prozor za konfigurisanje uređaja se otvara desnim klikom na željeni uređaj i odabirom opcije *Open telnet*. Konfigurisanje mreže se sastoji iz tri koraka:

i) Omogućavanje IP forwarding tehnike za svaki ruter. Da bi to uradili unosimo sledeću komandu u *telnet* prozora rutera:

sudo editor /proc/sys/net/ipv4/ip_forward

Otvora se editor i vrednost 0 zamenjujemo vrednošću 1. Na ovaj način editujemo *Linux* fajl "ip_forward" i omogućavamo ruteru da prosleđuje primljene pakete.

ii) Kreiranje statičkih ruta prema mrežama za svaki ruter. Za svaki ruter moramo kreirati statičke rute prema svim mrežama čiji su svičevi priključeni na druge rutere. U našoj topologiji imamo tri mreže i one su date u tabeli.

Tabela 3.1.3. Podaci o mrežama u ispitivanoj topologiji.

MREŽA	IP ADRESA/MASKA	UREĐAJI U MREŽI
1	10.0.100.0/24	PC1, Notebook1
2	10.0.150.0/24	Notebook2
3	10.0.200.0/24	PC2, PC3

Kreiramo statičku rutu prema mreži 3 za *Router1* izvršavajući komandu u *telnet* prozoru:

ip route add 10.0.200.0/24 via 10.0.1.2

Adresa 10.0.200.0 označava mrežu prema kojoj će ruter slati pakete a adresa 10.0.1.2 predstavlja *gateway*.

Kreiramo statičke rute prema mrežama 1 i 2 za *Router2* izvršavanjem komandi:

ip route add 10.0.100.0/24 via 10.0.1.1

ip route add 10.0.150.0/24 via 10.0.1.1

iii) Kreiranje *default* ruta do rutera za svaki računar. *Default* rute do odgovarajućeg rutera za svaki računar kreiramo izvršavanjem komandi iz tabele:

Tabela 3.1.4. Komande koje se unose za svaki računar.

IME RAČUNARA	TELNET KOMANDA
PC1	<i>ip route add default via 10.0.100.1</i>
Notebook1	<i>ip route add default via 10.0.100.1</i>
Notebook2	<i>ip route add default via 10.0.150.1</i>
PC2	<i>ip route add default via 10.0.200.1</i>
PC3	<i>ip route add default via 10.0.200.1</i>

Proveru konfiguracije proveravamo preko tabela rutiranja za pojedinačne rutere. Dobijamo ih unoseći sledeću komandu u *telnet* prozor rutera:

ip route show

Tabela rutiranja za *Router1* izgleda ovako:

```
10.0.200.0/24 via 10.0.1.2 dev eth2
10.0.100.0/24 dev eth0
10.0.1.0/24 dev eth2
10.0.150.0/24 dev eth1
```

Slika 3.1.4. Tabela rutiranja za *Router1*.

Tabela rutiranja za *Router2* izgleda ovako:

```
10.0.150.0/24 via 10.0.1.1 dev eth0
10.0.100.0/24 via 10.0.1.1 dev eth0
10.0.1.0/24 dev eth0
10.0.200.0/24 dev eth1
```

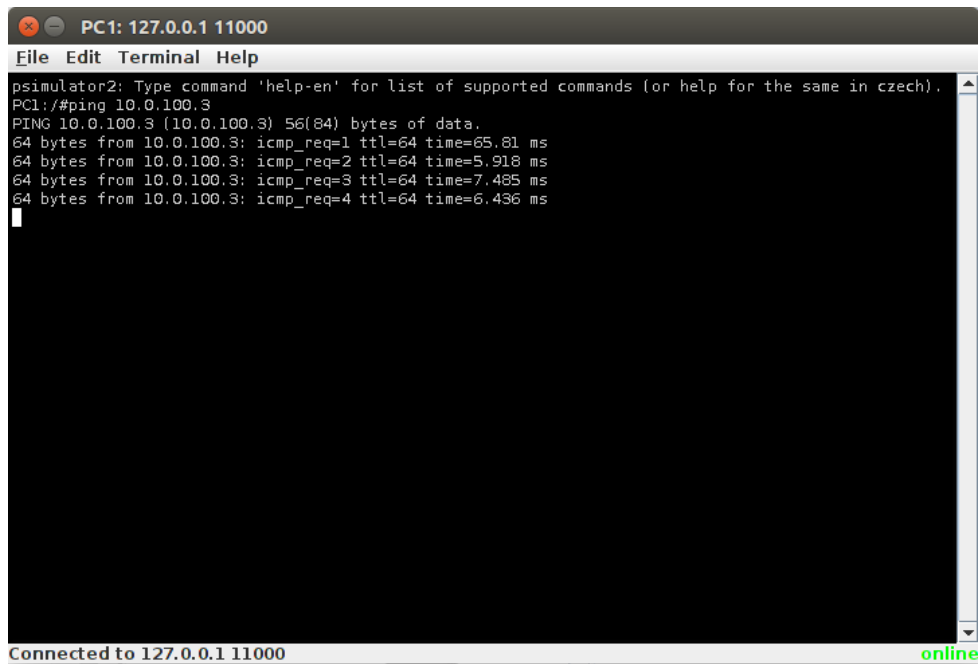
Slika 3.1.5. Tabela rutiranja za *Router2*.

Konfigurisanje mreže je završeno. Sada ćemo kroz tri slučaja testirati mrežu slanjem paketa kroz nju.

Prvi slučaj: Slanje paketa između *PC1* i *Notebook1*: Uključimo funkciju *Capture* da bi mogli da snimamo tok paketa. U *telnet* prozoru *PC1* se unosi komanda

ping 10.0.100.3

PC1 sada počinje da šalje pakete ka *Notebook1*.



Slika 3.1.6. Izgled telnet prozora računara *PC1* u toku slanja paketa.

Kombinacijom tastera Ctrl i C se prekida slanje paketa.
Event List sekcija za ovaj slučaj izgleda ovako:

Event list				
Time [s]	From	To	Type	Info
158.082	Switch1	PC1	ICMP	
159.077	PC1	Switch1	ICMP	
159.078	Switch1	Notebook1	ICMP	
159.079	Notebook1	Switch1	ICMP	
159.083	Switch1	PC1	ICMP	
160.077	PC1	Switch1	ICMP	
160.078	Switch1	Notebook1	ICMP	
160.080	Notebook1	Switch1	ICMP	
160.089	Switch1	PC1	ICMP	

Deletes all events in the list

Selected packet details

Time: 160.089 **Type: ICMP**
From: Switch1:eth0 **To: PC1:eth0**

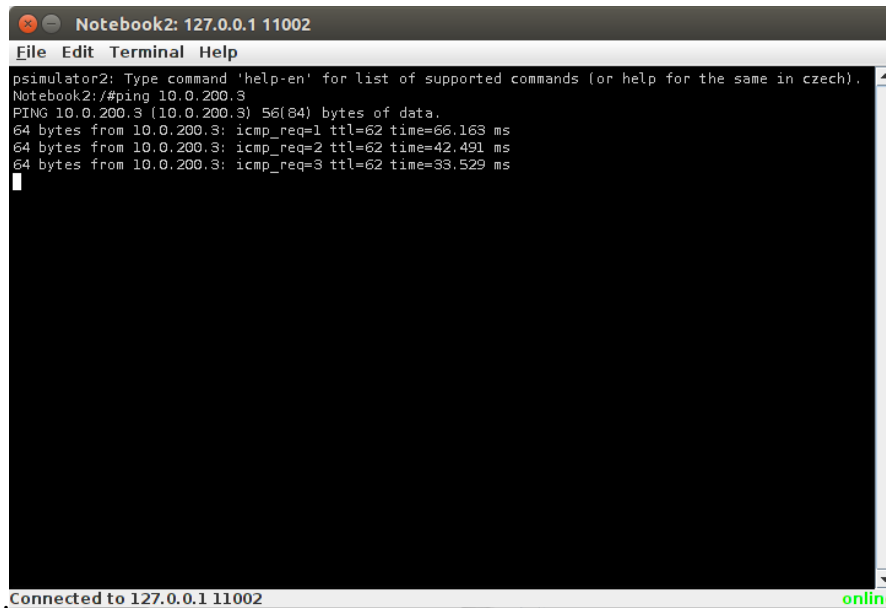
```

=== Ethernet === size: 108
src: 73:20:d5:87:bd:59 dst: b6:51:ce:a9:4a:f3
=== IP ===
src: 10.0.100.3 dst: 10.0.100.2 ttl: 64 size: 84
=== ICMP ===
type: REPLY code: ZERO
id: 1026 seq: 18 payloadSize: 56
  
```

Slika 3.1.7. Podaci o pojedinačnim paketima.

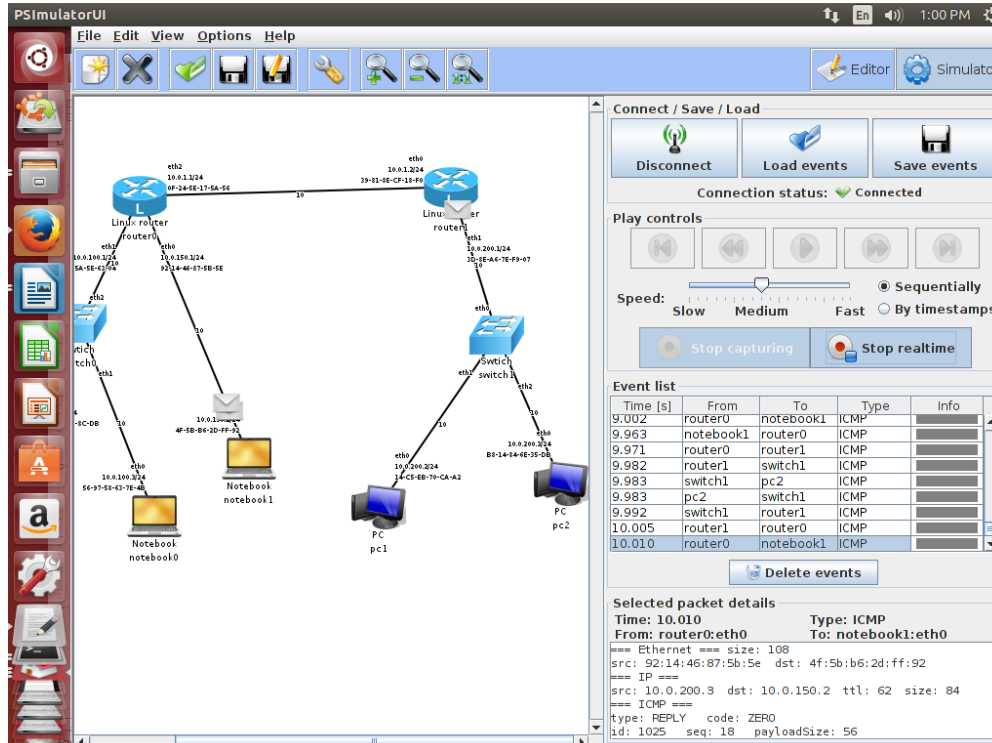
Drugi slučaj: Slanje paketa između *Notebook2* i *PC3*: U *telnet* prozor računara *Notebook2* se unosi komanda

ping 10.0.200.3



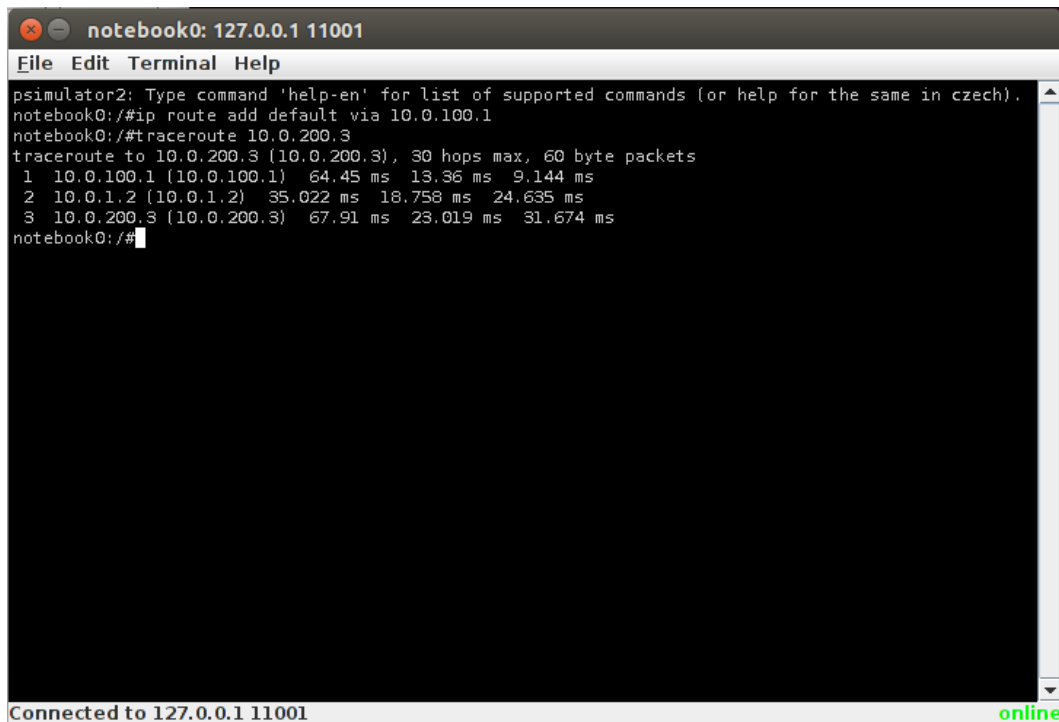
Slika 3.1.8. Izgled telnet prozora računara *Notebook1* u toku slanja paketa.

Uključimo opciju *Realtime* da bi nam se grafički prikazala putanja paketa.



Slika 3.1.9. Animacija slanja paketa između računara.

Treći slučaj: *Traceroute* komanda se koristi za nalaženje ruta između računara. Analiziraćemo rutu između računara *Notebook1* i *PC3*. U *telnet* prozor računara *Notebook1* se unosi komanda ***traceroute 10.0.200.3***



```
notebook0: 127.0.0.1 11001
File Edit Terminal Help
psimulator2: Type command 'help-en' for list of supported commands (or help for the same in czech).
notebook0:/#ip route add default via 10.0.100.1
notebook0:/#traceroute 10.0.200.3
traceroute to 10.0.200.3 (10.0.200.3), 30 hops max, 60 byte packets
 1 10.0.100.1 (10.0.100.1)  64.45 ms  13.36 ms  9.144 ms
 2 10.0.1.2 (10.0.1.2)    35.022 ms 18.758 ms 24.635 ms
 3 10.0.200.3 (10.0.200.3) 67.91 ms 23.019 ms 31.674 ms
notebook0:/#
```

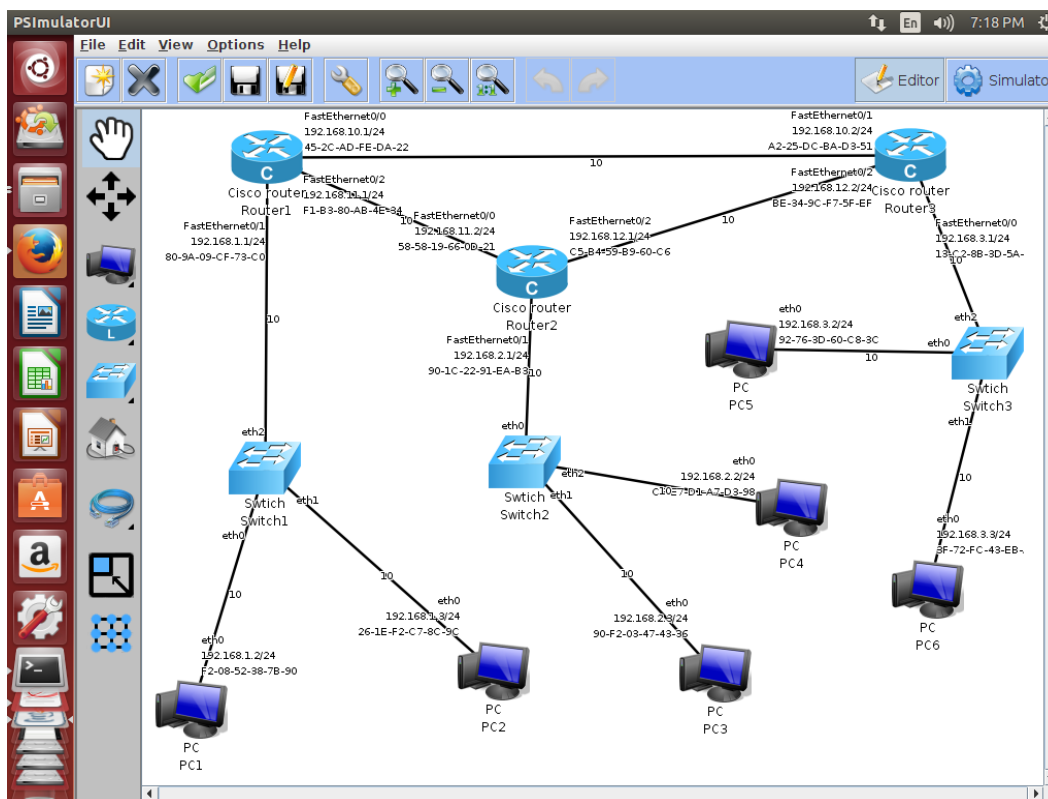
Connected to 127.0.0.1 11001 online

Slika 3.1.10. Podaci o mrežama kroz koje paketi prolaze od jednog do drugog računara.

Sa slike 3.1.10. se vidi da paketi prolaze kroz tri mreže na svojoj ruti od računara *Notebook1* do računara *PC3*.

3.2. Laboratorijska vežba 3 – Cisco ruteri

U ovoj laboratorijskoj vežbi ćemo kreirati mrežnu topologiju u kojoj se nalazi dvanaest uređaja: tri Cisco rutera, tri sviča i šest desktop računara. Postavljamo uređaje na radnu površinu i povezujemo ih kablovima.



Slika 3.2.1. Mrežna topologija koja se ispituje.

Za sve računare i rutere u mreži vršimo unos IP adresa. U sledećoj tabeli se nalaze IP adrese računara, podaci o uređajima na koje su povezani i portovima preko kojih su povezani.

Tabela 3.2.1. Bitni podaci o računarima.

IME RAČUNARA	PORT	POVEZANI UREĐAJ	IPADRESA/MASKA
PC1	eth0	Switch1	192.168.1.2/24
PC2	eth0	Switch1	192.168.1.3/24
PC3	eth0	Switch2	192.168.2.3/24
PC4	eth0	Switch2	192.168.2.2/24
PC5	eth0	Switch3	192.168.3.2/24
PC6	eth0	Switch3	192.168.3.3/24

U sledećoj tabeli se nalaze IP adrese rutera i podaci o uređajima na koje su povezani i portovima preko kojih su povezani.

Tabela 3.2.2. Bitni podaci o ruterima.

IME RUTERA	PORT	POVEZANI UREĐAJ	IPADRESA/MASKA
Router1	FastEthernet0/0	Router3	192.168.10.1/24
	FastEthernet0/1	Switch1	192.168.1.1/24
	FastEthernet0/2	Router2	192.168.11.1/24
Router2	FastEthernet0/0	Router1	192.168.11.2/24
	FastEthernet0/1	Switch2	192.168.2.1/24
	FastEthernet0/2	Router3	192.168.12.1/24
Router 3	FastEthernet0/0	Switch3	192.168.3.1/24
	FastEthernet0/1	Router1	192.168.10.2/24
	FastEthernet0/2	Router2	192.168.12.2/24

Kada smo završili unos podataka, snimamo ovu mrežnu topologiju pod imenom "lab3.xml" u folderu u kome je instaliran simulator i zatvaramo *frontend*. Učitavamo sačuvanu topologiju u *backend* deo simulatora kao što je opisano u potpoglavlju 2.7. Kada smo u terminalu dobili potvrdu da je .xml fajl uspešno učitano, ponovo pokrećemo frontend deo simulatora (u novom terminalu) i u njemu učitavamo topologiju "lab3.xml". Prelazimo u mod rada za simuliranje i konektujemo se na server.

Sada moramo izvršiti konfigurisanje uređaja u mrežnoj topologiji. Ponavljamo postupak konfiguracije mreže:

i) Omogućavanje IP forwarding tehnike za svaki ruter. Unosimo sledeću komandu u *telnet* prozor rutera:

sudo editor /proc/sys/net/ipv4/ip_forward

Otvora se editor i vrednost 0 zamenjujemo vrednošću 1.

ii) Kreiranje statičkih ruta prema mrežama za svaki ruter. U našoj topologiji imamo tri mreže i one su date u tabeli.

Tabela 3.2.3. Podaci o mrežama u ispitivanoj topologiji.

MREŽA	IP ADRESA/MASKA	UREĐAJI U MREŽI
1	192.168.1.0/24	PC1, PC2
2	192.168.2.0/24	PC3, PC4
3	192.168.3.0/24	PC5, PC6

Za svaki ruter kreiramo statičke rute prema mrežama sa kojima nije direktno povezan. U sledećoj tabeli su date komande koje se unose u *telnet* prozore svih rutera.

Tabela 3.2.4. Konfiguracija rutera.

IME RUTERA	TELNET KOMANDE
Router1	en conf t ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 FastEthernet0/2 ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 FastEthernet0/0 exi

Router2	en conf t ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 FastEthernet0/0 ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 FastEthernet0/2 exi
Router3	en conf t ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 FastEthernet0/1 ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 FastEthernet0/2 exi

Unos komandi u *telnet* prozoru izgleda ovako:

```

Router1: 127.0.0.1 11000
File Edit Terminal Help
psimulator2: Type command 'help' for list of supported commands.
Router1>en
Router1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with 'exit'.
Router1(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 FastEthernet0/2
Router1(config)#ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 FastEthernet0/0
Router1(config)#exi
Jul 13 19:26:23.535: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Router1#^Z
Jul 13 19:26:26.138: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Router1#

```

Connected to 127.0.0.1 11000 online

Slika 3.2.2. Unos komandi u telnet rutera.

Komanda “*en*” je zapravo skraćena reči “enable” i ova komanda nam omogućava rad u *telnet* prozoru rutera. Dok se ona ne unese niti jedna druga komanda neće biti prihvaćena. Komandom “*conf t*” dajemo informaciju ruteru da ćemo ga konfigurirati. Prva IP adresa u trećoj komandi je mreža prema kojoj želimo da uspostavimo rutu. 255.255.255.0 je zapravo samo prikaz subnet maske /24. Poslednja oznaka u trećoj komandi predstavlja port rutera koji se koristi kao *gateway*. Komanda “*exi*” je skraćena reči “exit” i njome dajemo informaciju ruteru da je unos konfiguracionih komandi završen.

iii) Kreiranje default ruta do rutera za svaki računar. *Default* rute do odgovarajućeg rutera za svaki računar kreiramo izvršavanjem komandi iz tabele:

Tabela 3.2.5. Komande koje se unose za svaki računar.

IME RAČUNARA	TELNET KOMANDA
PC1	ip route add default via 192.168.1.1
PC2	ip route add default via 192.168.1.1
PC3	ip route add default via 192.168.2.1
PC4	ip route add default via 192.168.2.1
PC5	ip route add default via 192.168.3.1
PC6	ip route add default via 192.168.3.1

Proveru konfiguracije vršimo preko tabela rutiranja za pojedinačne rutere. Dobijamo ih unoseći sledeću komandu u *telnet* prozor rutera:

show ip route

Tabela rutiranja za *Router1* izgleda ovako:

```
Router1#show 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

C      192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S      192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/2
S      192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C      192.168.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C      192.168.11.0/24 is directly connected, FastEthernet0/2
```

Slika 3.2.3. Tabela rutiranja za *Router1*.

Tabela rutiranja za *Router2* izgleda ovako:

```
Router2#show 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

S      192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C      192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S      192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/2
C      192.168.11.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C      192.168.12.0/24 is directly connected, FastEthernet0/2
```

Slika 3.2.4. Tabela rutiranja za *Router2*.

Tabela rutiranja za *Router3* izgleda ovako:

```

Router3>show 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

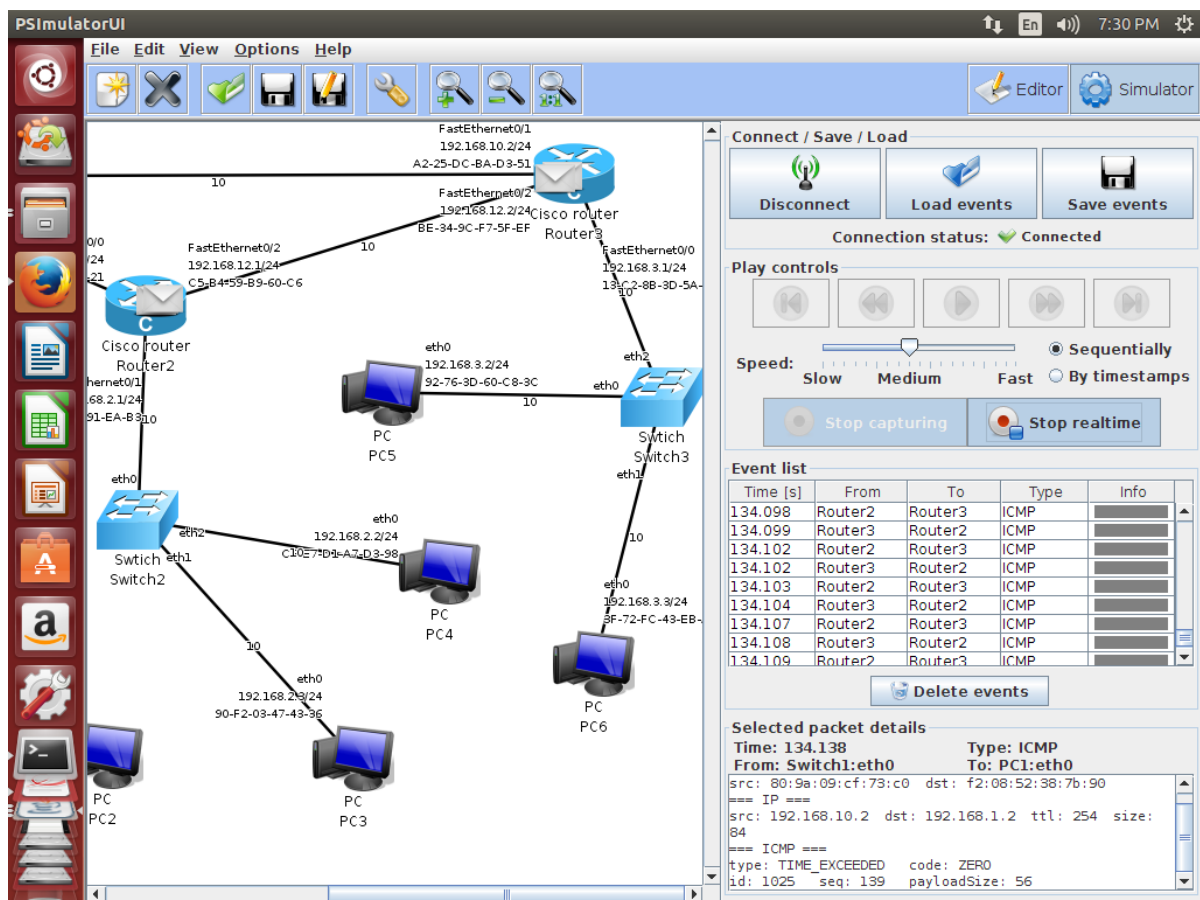
Gateway of last resort is not set

S    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/2
C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C    192.168.12.0/24 is directly connected, FastEthernet0/2
    
```

Slika 3.2.5. Tabela rutiranja za *Router3*.

Konfigurisanje mreže je završeno. Sada ćemo testirati mrežu slanjem paketa kroz nju.

Prvi slučaj: Slanje paketa između *Router2* i *Router3*. U *telnet* prozoru *Router2* se unosi komanda **ping 192.168.12.1**
Router2 sada šalje podatke ka *Router3*.

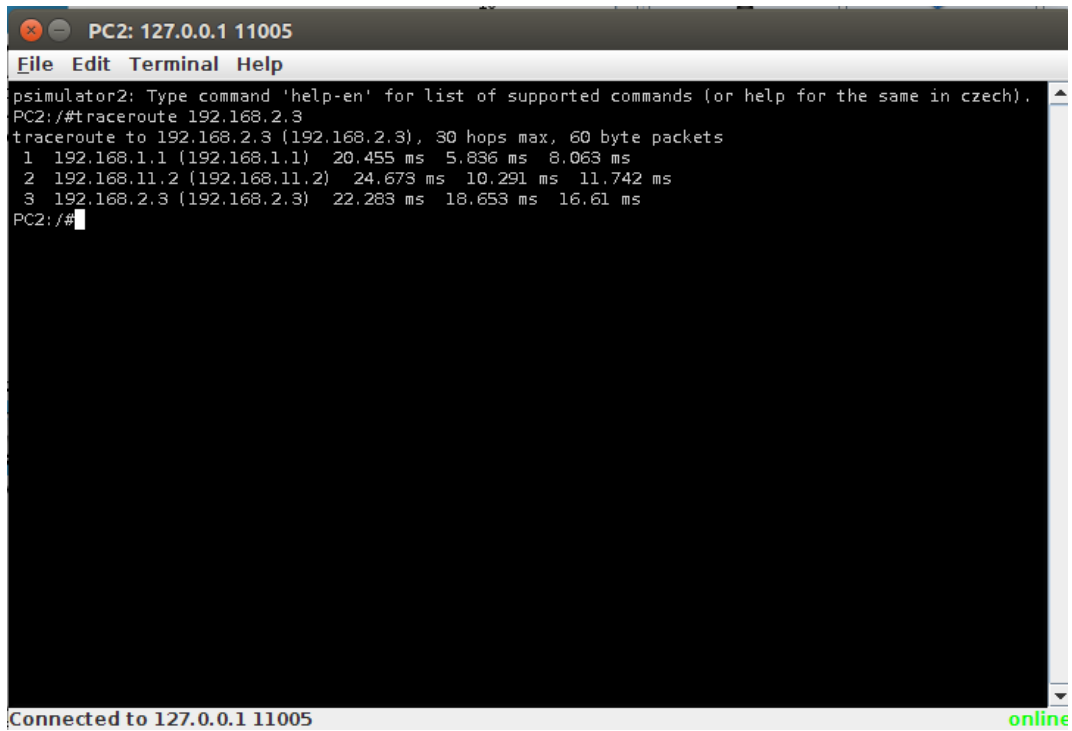


Slika 3.2.6. Animacija paketa i Event list.

Kombinacijom tastera Ctrl i C se prekida slanje paketa.

Drugi slučaj: Analiziraćemo rutu između računara *PC2* i *PC3*. U *telnet* prozor računara *Notebook1* se unosi komanda

traceroute 192.168.2.3



```
PC2: 127.0.0.1 11005
File Edit Terminal Help
psimulator2: Type command 'help-en' for list of supported commands (or help for the same in czech).
PC2: /#traceroute 192.168.2.3
traceroute to 192.168.2.3 (192.168.2.3), 30 hops max, 60 byte packets
 1 192.168.1.1 (192.168.1.1)  20.455 ms  5.836 ms  8.063 ms
 2 192.168.11.2 (192.168.11.2)  24.673 ms  10.291 ms  11.742 ms
 3 192.168.2.3 (192.168.2.3)  22.283 ms  18.653 ms  16.61 ms
PC2: /#
```

Connected to 127.0.0.1 11005 online

Slika 3.2.7. Podaci o mrežama kroz koje paketi prolaze od jednog do drugog računara.

4. ZAKLJUČAK

U radu je detaljno analiziran softverski paket P Simulator2 kroz tri laboratorijske vežbe. Dato je uputstvo za preuzimanje i instalaciju, opisana je njegova arhitektura i dato je uputstvo za njegovo korišćenje. Opisane su mogućnosti softvera, tipovi uređaja koji se koriste, kreiranje topologija, konfigurisanje različitih tipova računara, svičeva i rutera (kroz Editor mod i kroz *telnet*) i objašnjeno je prostiranje paketa kroz kreirane mreže.

Softver se pokazao veoma korisnim jer je jednostavan i pogodan za učenje IP mrežnih tehnologija. Od drugih sličnih softvera se izdvaja po tome što ima podršku za prikaz animacija paketa koji putuju mrežom što doprinosi boljem razumevanju mreže. Nedostatak ovog softvera je to što još uvek nema podršku za implementiranje protokola rutiranja ali je najavljeno da će sledeća verzija softvera dodati i tu mogućnost.

LITERATURA

- [1] https://bs.wikipedia.org/wiki/Ra%C4%8Dunarska_mre%C5%BEa
- [2] <https://inf2.uniri.hr/reStructuredHgWiki/materijali/simulator-ns3-pojmovi/>