



**Preddiplomski studij**

**Računarstvo**

# **Komunikacijske mreže**

Upute za izvođenje laboratorijskih vježbi

**IMUNES**

**Ak.g. 2007./2008.**

# Sadržaj

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | IMUNES.....   | 1  |
| 1.1.   | Ukratko o uputama .....   | 1  |
| 2.     | Jednostavni mrežni scenarij .....                                 | 2  |
| 2.1.   | Izgradnja jednostavne mreže .....                                 | 3  |
| 2.1.1. | Izgled korisničkog sučelja .....                                  | 3  |
| 2.1.2. | Dodavanje i brisanje mrežnih elemenata .....                      | 4  |
| 2.1.3. | Slaganje mrežnih elemenata .....                                  | 6  |
| 2.2.   | Postupak konfiguriranja jednostavne mreže .....                   | 7  |
| 2.2.1. | Konfiguracija elemenata <i>Hub</i> i <i>LAN Switch</i> .....      | 7  |
| 2.2.2. | Konfiguracija elemenata <i>PC</i> i <i>Host</i> .....             | 8  |
| 2.2.3. | Konfiguracija usmjeritelja ( <i>Router</i> ) .....                | 9  |
| 2.2.4. | Konfiguracija podatkovne poveznice .....                          | 10 |
| 2.3.   | Simulacija jednostavne mreže .....                                | 11 |
| 2.3.1. | Pokretanje eksperimenta .....                                     | 11 |
| 2.3.2. | Mogućnosti koje pruža simulirano mrežno okruženje .....           | 12 |
| 2.3.3. | Završetak eksperimenta .....                                      | 13 |
| 3.     | Složeni mrežni scenarij .....                                     | 14 |
| 3.1.   | Proširenje postojeće topologije novim opcijama .....              | 14 |
| 3.1.1. | Upravljanje radnim ploham (engl. <i>Canvas</i> ) .....            | 15 |
| 3.1.2. | Dodavanje i konfiguracija fizičkog mrežnog sučelja .....          | 17 |
| 3.2.   | Ostale mogućnosti konfiguriranja .....                            | 18 |
| 3.2.1. | Dodatna podešavanja .....   | 18 |
| 3.2.2. | Napredni parametri virtualnih čvorova .....                       | 19 |
| 3.3.   | Upravljanje konfiguracijskim datotekama .....                     | 19 |
| 3.3.1. | Spremanje i otvaranje mrežne konfiguracije .....                  | 19 |
| 3.3.2. | Pokretanje i zaustavljanje simulacije putem komandne linije ..... | 20 |

# 1. IMUNES

IMUNES je integrirani emulator/simulator mreža temeljenih na protokolu IP. Virtualni čvorovi u sustavu IMUNES kreirani su kao višestruke instance mrežnog stoga formirane pomoću posebnih modifikacija u jezgri operacijskog sustava FreeBSD. Virtualni čvorovi mogu biti povezani pomoću simuliranih veza s drugim virtualnim čvorovima ili s fizičkim mrežnim sučeljem. Svi virtualni čvorovi dijele jedan te isti prostor za smještaj binarnih datoteka i *library*-ja, što čini IMUNES izuzetno nadogradivim i skalabilnim alatom.

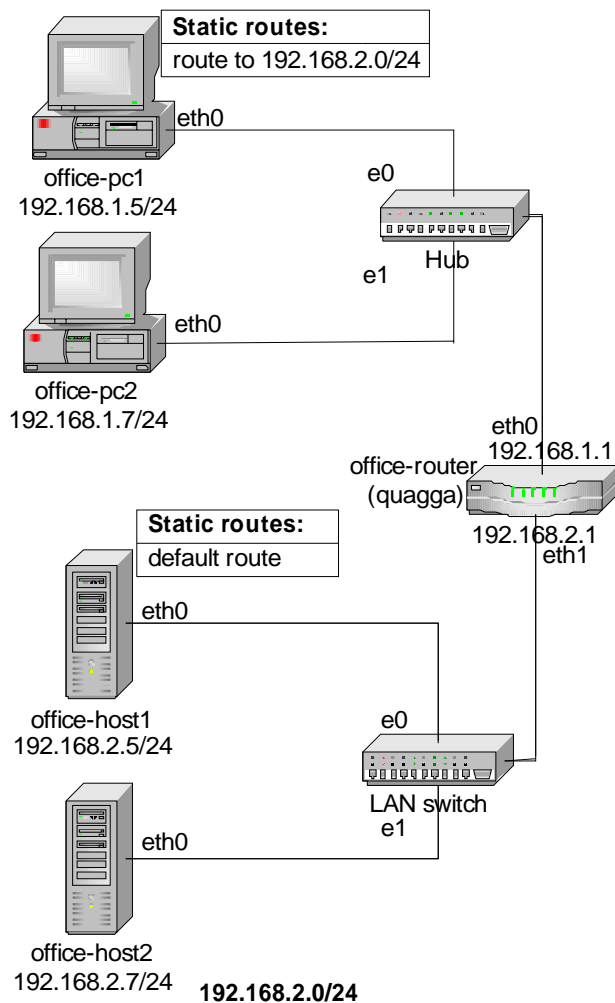
## 1.1. Ukratko o uputama

Upute su namijenjene onima koji se prvi put susreću s ovim alatom. Uz njihovu pomoć trebali biste u relativno kratkom vremenu naučiti rukovati s jednostavnim mrežnim simulacijama. Upravo zbog toga u ovim uputama nisu objašnjene sve mogućnosti alata IMUNES već samo one osnovne, uz čiju ćete pomoć kasnije lakše naučiti njegove naprednije funkcije.

Upute su podijeljene u tri dijela. U prvom dijelu opisana je jednostavna mreža koja se želi kreirati, kao i detaljni postupak kreiranja, konfiguriranja i simuliranja iste. Na sličan način, u drugom se dijelu opisuje primjer naprednije mrežne topologije u kojoj se uvode dodatne mogućnosti njene izgradnje i konfiguracije. Posljednje poglavlje donosi upute vezane uz IMUNES konfiguracijske datoteke, kao i opis postupka pokretanja i zaustavljanja alata IMUNES preko komandne linije.

## 2. Jednostavni mrežni scenarij

U ovom poglavlju pokazat ćemo kako izgraditi, konfigurirati i simulirati jednu uobičajenu mrežnu topologiju prikazanu na sljedećoj slici:



Slika 1. Jednostavni mrežni scenarij

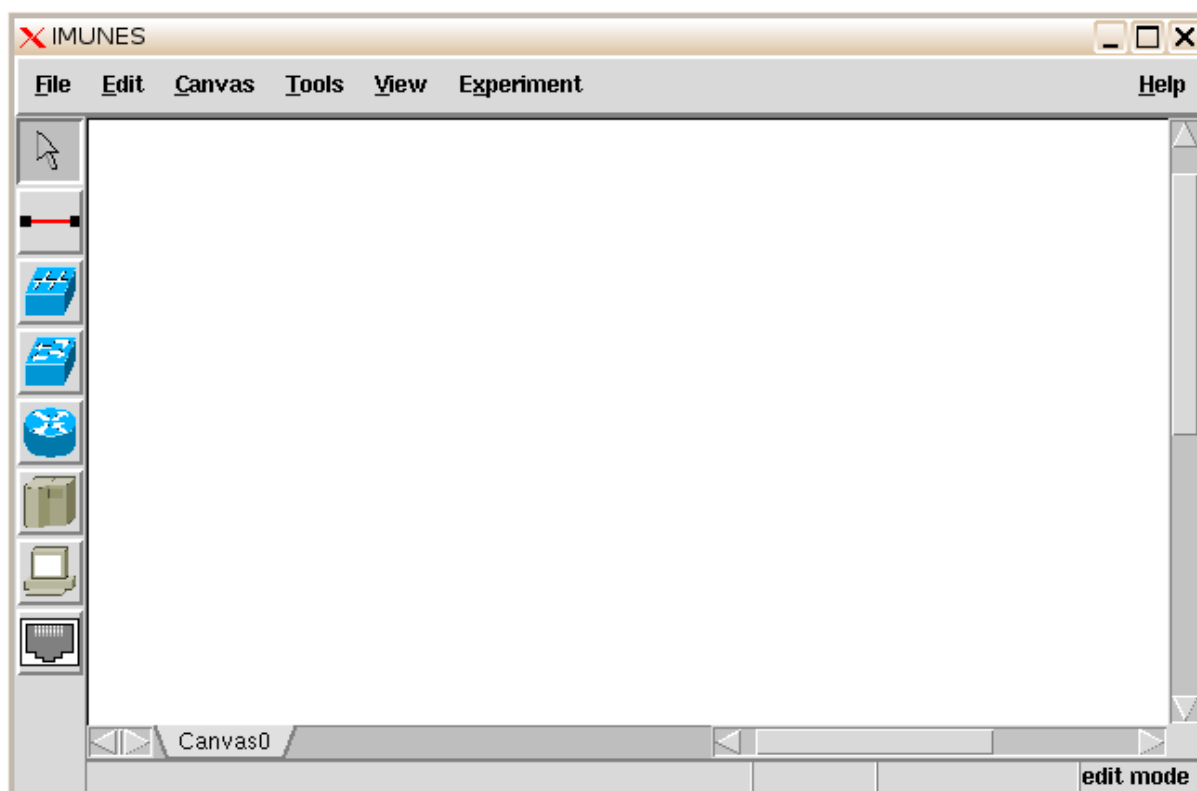
Osobna računala iz mreže 192.168.1.0/24 i poslužitelji iz mreže 192.168.2.0/24 koriste statičke rute usmjeravanja. Osobna računala u prvoj mreži imaju samo jednu rutu usmjeravanja, i to onu prema mreži 192.168.2.0/24. Poslužitelji u drugoj mreži imaju postavljenu samo standardnu rutu. Središnji Quagga usmjeritelj podešen je tako da šalje i prima dinamički ažurirane rute usmjeravanja.

## 2.1. Izgradnja jednostavne mreže

Alat IMUNES može se koristiti na dva načina, prvi upotrebom grafičkog korisničkog sučelja, a drugi putem komandne linije. Mi ćemo ovdje pokrenuti IMUNES na operacijskom sustavu FreeBSD putem grafičkog korisničkog sučelja baziranome na sustavu X11. Nakon pokretanja X11 poslužitelja (npr. koristeći naredbu `xinit` iz komandne linije), IMUNES se pokreće unosom komande `imunes` iz bilo kojeg terminala na kojem je ispravno podešena varijabla `DISPLAY`.

### 2.1.1. Izgled korisničkog sučelja

Nakon pokretanja, otvara se IMUNES korisničko sučelje koje se sastoji od izborničke trake na vrhu, alatne trake s lijeve strane, statusne trake na dnu te radnog prostora u sredini, nazvanog Canvas0. Desna strana statusne trake indicira da IMUNES trenutno radi u uređivačkom načinu (engl. *edit mode*). Ovaj način rada postavljen je kao pretpostavljeni (*default*) način nakon što se IMUNES pokrene, odnosno nakon što se stvori nova datoteka koja sadrži informacije o virtualnoj mreži odabirom opcije *File*→*New* u izborničkoj traci. Uređivački način rada koristi se za izgradnju i konfiguraciju mrežne topologije, za razliku od izvršnog načina rada u kojem se odvija sama mrežna simulacija. Postupak izvođenja mrežne simulacije bit će objašnjen kasnije u poglavlju 2.3.



Slika 2. Izgled praznog korisničkog sučelja

### 2.1.2. Dodavanje i brisanje mrežnih elemenata

U alatnoj traci nalaze se svi dostupni mrežni elementi, čvorovi i poveznice koji se mogu koristiti za izgradnju mrežne topologije. Postoji pet vrsta čvorova podijeljenih u dvije grupe ovisno o njihovim konfiguracijskim parametrima: elementi sloja podatkovne poveznice (*LAN switch, hub*) te elementi mrežnog sloja (*pc, host, router*). Bilo koji od tih mrežnih elemenata se postavi na radni prostor tako da se prvo klikne na njega u alatnoj traci, a zatim opet na željeno mjesto na radnom prostoru.



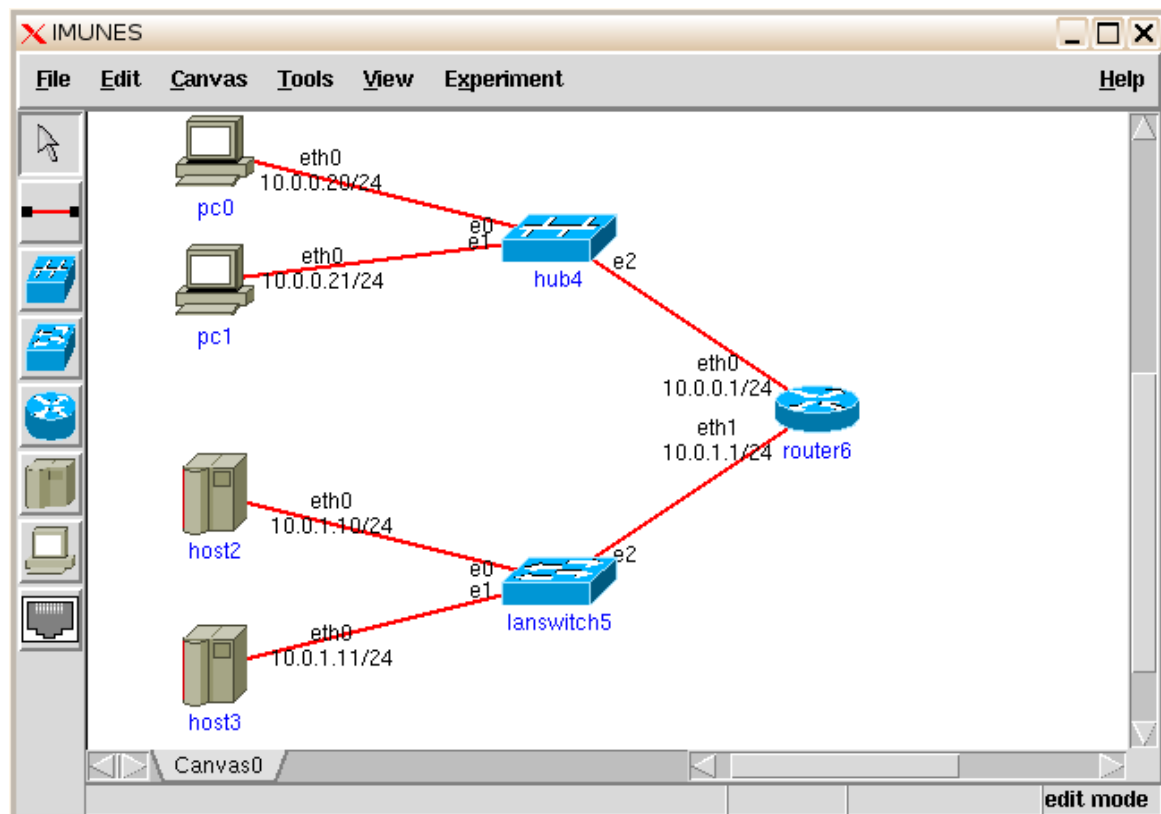
Slika 3. Čvorovi

Kako biste mogli povezati čvorove, koristite se alatom *Link tool* iz alatne trake (Slika 4). Kliknite na izvorišni čvor i povucite miš držeći lijevu tipku do odredišnog čvora.



Slika 4. *Link tool*

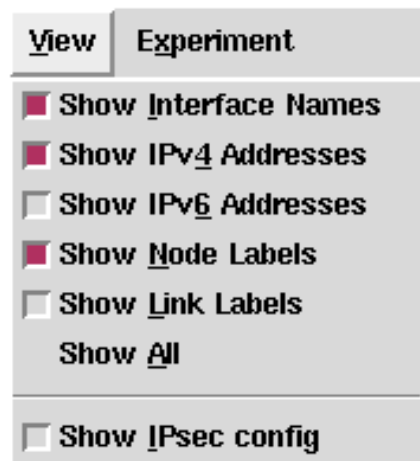
Izgrađena mrežna topologija trebala bi izgledati kao na sljedećoj slici:



Slika 5. Jednostavna mrežna topologija

Nakon povezivanja čvorova, izvorišnom čvoru, odredišnom čvoru i poveznici (*link*) inicijalno se dodjeljuju unaprijed definirani parametri koji se kasnije mogu mijenjati. Neki od tih parametara mogu se vidjeti na radnoj ploči, poput imena sučelja na sloju podatkovne poveznice (*e0*, *e1*, *e2*), imena sučelja na mrežnom sloju (*eth0*, *eth1*), imena čvorova (*pc0*, *pc1*, *host2*, *host3*, *hub4*, *lanswitch5*, *router6*), IPv4/IPv6 adrese elemenata mrežnog sloja (*pc*, *host*, *router*) te imena samih poveznica.

Budući da želimo kreirati jednostavan scenarij, ne želimo da IPv6 adrese budu vidljive, kao i propusnost (*bandwidth*) same poveznice. Možemo ih isključiti u izborničkoj traci opcijom *View*→*Show IPv6 Addresses* te zatim *View*→*Show Link Labels*.



Slika 6. Izbornik *View*

Prilikom odabira čvora ili poveznice, s lijeve strane statusne trake prikazani su njihovi osnovni konfiguracijski parametri:

**{n6} router6 (quagga): eth0:10.0.0.1/24 eth1:10.0.1.1/24**

Slika 7. Konfiguracijski parametri poslužitelja

**l1: 100 Mbps**

Slika 8. Konfiguracijski parametri poveznice

Nakon selektiranja, moguće je korištenjem tipke *Delete* na tipkovnici obrisati željeni mrežni element. Element se može obrisati i tako da se na njemu klikne desnom tipkom miša te se držeći tipku miša pritisnutom odabere opcija *Delete* u izborniku. Brisanje čvora automatski za sobom povlači i brisanje svih poveznica na koje je čvor priključen.

### 2.1.3. Slaganje mrežnih elemenata

Svaki mrežni element (čvor ili poveznica) i njegovo ime mogu neovisno jedan o drugome mijenjati položaj na slici nakon što se odaberu alatom *Select*.



Slika 9. Alat *Select*



router6

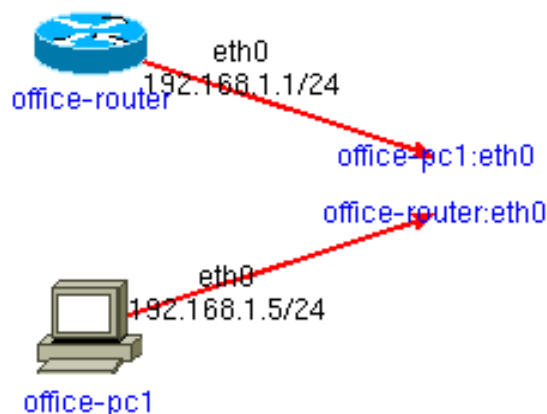
Slika 10. Pomicanje mrežnih elemenata

Na jednak način na koji mrežni elementi mogu mijenjati položaj neovisno o ostalima, tako se mogu pomicati i grupe elemenata koristeći alat *Select*. Nakon odabira grupe elemenata (to se može izvesti držeći tipku CTRL za vrijeme selektiranja elemenata), grupa se pomakne na željeno mjesto tako da se klikne na bilo koji od selektiranih elemenata te držeći lijevu tipku miša odvuče na određeno mjesto.

Opcija *Edit* → *Select All* iz izborničke trake može se koristiti za odabir i pomicanje cjelokupne mrežne topologije, dok opcije *Tools* → *Rearrange* i *Tools* → *Rearrange All* služe za automatsko slaganje (uređenje) mrežne topologije ili dijela topologije. Kako bi se zaustavio postupak automatskog preslagivanja elemenata, potrebno je kliknuti lijevom tipkom miša na alat *Select*.

Poveznice se mogu rastaviti na dva dijela, nakon čega svaki dio može zauzeti bilo koju poziciju na slici. To se može učiniti klikom na desnu tipku miša iznad poveznice i odabirom opcije *Split* u otvorenom izborniku.

Jednom razdvojeni dijelovi poveznice mogu se natrag spojiti odabirom opcije *Merge* u istom izborniku u kojem se nalazi opcija *Split*. Osim toga, moguće je učiniti razdvojene dijelove nevidljivima pritiskom na kombinaciju tipki CTRL+i.



Slika 11. Razdvajanje poveznice u dva dijela

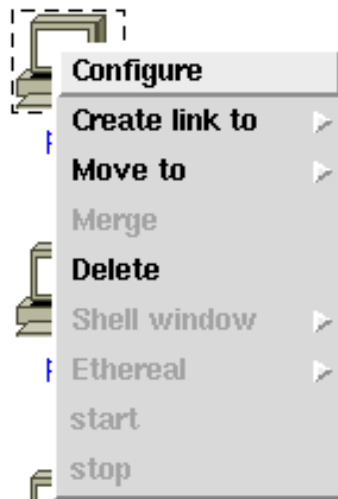


## 2.2. Postupak konfiguriranja jednostavne mreže

U većini su slučajeva automatski predkonfigurirani parametri mrežnih elemenata dovoljni za počinjanje simulacije. U te parametre uključujemo dodijeljene IP adrese, pretpostavljenu statičku rutu usmjeravanja na elementima *PC* i *Host* kao i parametri protokola za usmjeravanje na usmjeriteljima. Unatoč tome, u našem scenariju ilustracije radi podesit ćemo neke svoje parametre.

Prozor s konfiguracijama odabranog mrežnog elementa otvara se tako da se klikne desnom tipkom miša iznad tog elementa i odabere opcija *Configure*. Ovisno o vrsti elementa, postoji pet vrsta konfiguracijskih prozora:

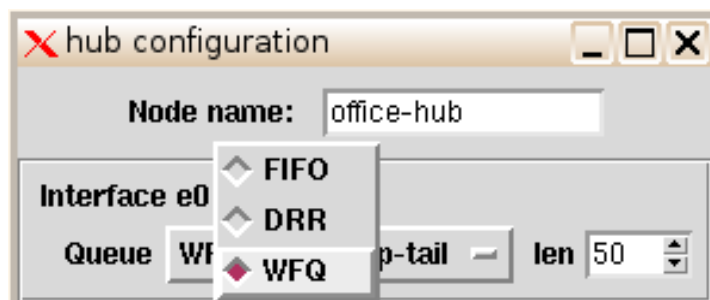
- Konfiguracijski prozor za elemente *hub* i *LAN Switch*
- Konfiguracijski prozor za elemente *PC* i *Host*
- Konfiguracijski prozor za element *Router* (usmjeritelj)
- Konfiguracijski prozor za element *Link* (poveznicu)



Slika 12. Izbornik mrežnog elementa

### 2.2.1. Konfiguracija elemenata *Hub* i *LAN Switch*

Za početak ćemo promijeniti ime elementa unutar konfiguracijskog prozora (Slika 13). Osim toga, želimo postaviti raspoređivanje datagrama metodom WFQ (*Weighted Fair Queuing*) umjesto trenutno postavljenog raspoređivanja metodom FIFO (*First In First Out*). Lijevim klikom miša odabere se opcija Queue te se odabere opcija WFQ. Postupak se može ponoviti za svako sučelje na sloju podatkovne poveznice u slučaju da postoji više od jednog sučelja. Promijenjena konfiguracija potvrdi se pritiskom na opciju *Apply*.

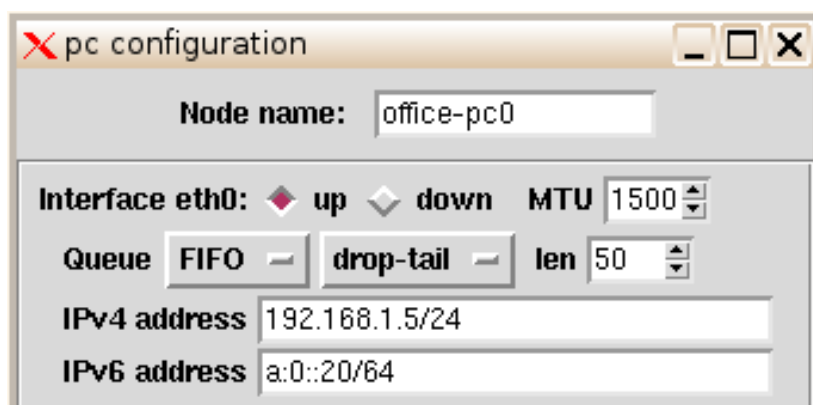


Slika 13. Konfiguracijski prozor elementa *Hub*

### 2.2.2. Konfiguracija elemenata *PC* i *Host*

Konfiguracijski prozor elemenata *PC* i *Host* sastoji se od imena i konfiguracijskih parametara sloja podatkovne poveznice slične onima koje smo već vidjeli u prethodnom poglavlju. Osim toga, među ovim konfiguracijskim parametrima nalaze se i parametri mrežnog sučelja kao i parametri vezani za postupak usmjeravanja. Mi ćemo promijeniti imena svih čvorova vrste *PC* i *Host* u imena: *office-pc1*, *office-pc2*, *office-host1* te *office-host2*.

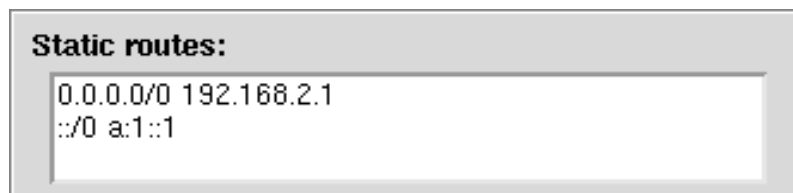
Osim toga, promijenit ćemo i polje u kojem je navedena IP adresa čvora (Slika 14) tako da nova adresa odgovara pod mreži kojoj element pripada (u našem slučaju to su 192.168.1.0/24 odnosno 192.168.2.0/24 pod mreže). Polja s IP adresama zahtijevaju korištenje CIDR notacije, što znači da nakon standardne IPv4 adrese mora slijediti kosa crta iza koje je naveden broj bitova koji pripada pod mreži.



Slika 14. Konfiguracija parametara mrežnog sučelja

#### Podešavanje statičkih ruta

Čvorovi *PC* i *Host* koriste statičke rute. Usmjeravajuća tablica koja je automatski konfigurirana prilikom kreiranja čvora sadrži samo jednu pretpostavljenu (*default*) rutu.



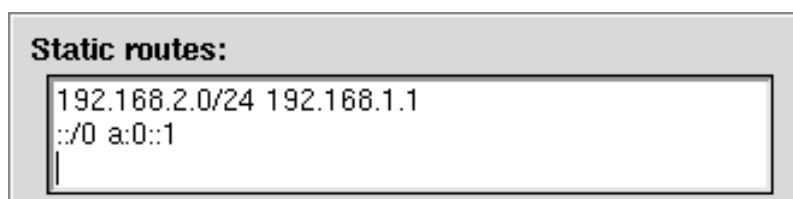
**Slika 15. Pretpostavljena ruta na čvorovima office-host1 i office-host2**

Svaka ruta, uključujući i onu pretpostavljenu, sastoji se od dva stupca:

1. Odredišna mreža: Ip adresa koja sadrži kosu liniju i mrežni prefiks
2. IP adresa mrežnog sučelja na koje treba izvršiti sljedeći skok, tzv. *gateway*: ova adresa nema kosu liniju niti mrežni prefiks.

Ako bi se ova tablica ispunila ne slijedeći navedenu sintaksu, prilikom učitavanja jedne takve tablice došlo bi do pogreške te bi pogrešno unesena ruta bila ignorirana.

U našem primjeru dodat ćemo jednu statičku rutu na čvorovima *office-pc1* i *office-pc2* koja će sve datagrame upućene odredišnoj podmreži 192.168.2.0/24 proslijediti preko vrata (*gateway*) 192.168.1.1 (Slika 16). Na čvorovima *office-host1* i *office-host2* ostavit ćemo pretpostavljenu rutu netaknutu, jedino ćemo promijeniti adresu vrata na 192.168.2.1. Nakon unesenih promjena, potrebno ih je potvrditi odabirom opcije *Apply*.



**Slika 16. Nove statičke rute na čvorovima office-pc1 i office-pc2**

### 2.2.3. Konfiguracija usmjeritelja (*Router*)

U konfiguracijskom prozoru usmjeritelja promijenit ćemo ime čvora u *office-router* te ćemo postaviti nove IP adrese na oba sučelja: 192.168.1.1/24 na sučelju *eth0* te 192.168.2.1/24 na sučelju *eth1*.

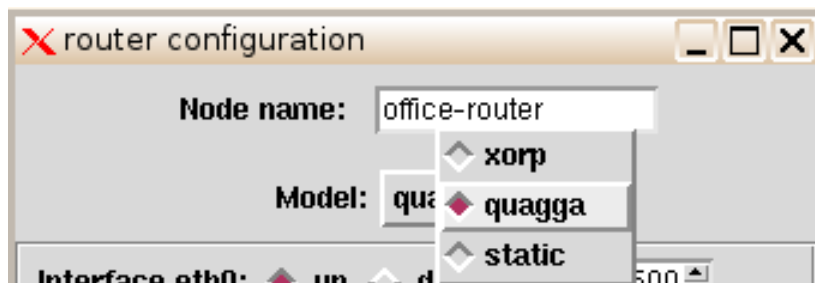
#### Modeli usmjeravanja

Konfiguracijski prozor usmjeritelja, pored svih polja koja su ista kao u već opisanim čvorovima, sadrži i izbornik u kojem se može odabrati željeni model usmjeravanja. Moguće je odabrati jedan od tri modela:

1. Model *xorp* (*eXtensible Open Router Platform*)
2. Model *quagga* s ugrađenom podrškom za protokole RIP, RIPNG, OSPF i BGP
3. Statički model koji se služi statičkim rutama koje su ručno definirane

U slučaju da se odabere statički model usmjeravanja, poslužitelj se koristi rutama zapisanima u polju statičkih ruta koje imaju jednaku sintaksu kako polja statičkih ruta opisana kod čvorova *PC* i *Host*.

U našem primjeru ostavit ćemo pretpostavljeni model usmjeravanja – model *quagga* s protokolom RIP (Slika 17).

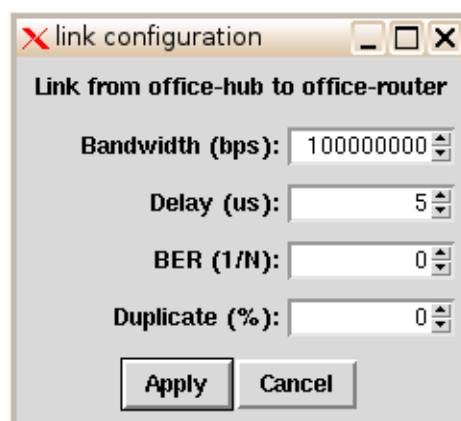


Slika 17. Odabir modela usmjeravanja

#### 2.2.4. Konfiguracija podatkovne poveznice

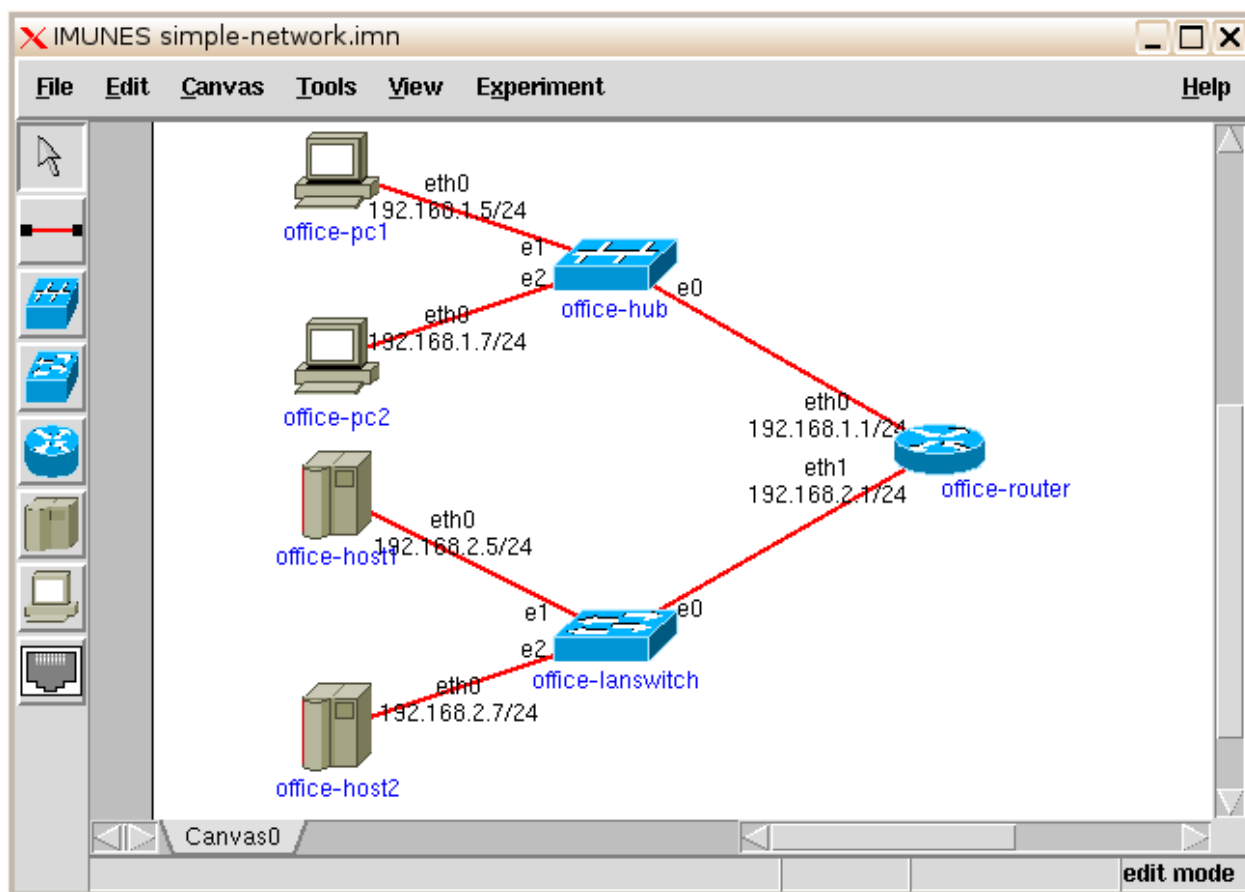
Konfiguracijski prozor podatkovne poveznice omogućuje postavljanje iznosa propusnosti (bandwidth) poveznice u rasponu od 100 do  $10^9$  bitova u sekundi, iznosa propagacijskog kašnjenja između 0 i  $10^7$  us, iznosa vjerojatnosti pogreške bita u rasponu od 0 do  $10^{12}$ , te iznosa vjerojatnosti duplikacije paketa između 0 i 50%.

Na svim poveznicama ostavit ćemo pretpostavljene vrijednosti, osim na onoj između čvora *office-hub* i čvora *office-router*. Pretpostavljene vrijednosti su sljedeće: podatkovna poveznica prenosi pakete bez grešaka i bez mogućnosti duplikacije paketa, propusnost je postavljena na  $10^8$  bitova u sekundi, a kašnjenje iznosi 0 us.



Slika 18. Konfiguracijski sloj podatkovne poveznice

Na poveznici između čvorova *office-hub* i *office-router* postaviti ćemo kašnjenje od 30 us, te će ono kasnije biti testirano za vrijeme mrežne simulacije uz pomoć alata *traceroute*. Uspješno konfigurirana mrežna topologija trebala bi izgledati kao na Slici 19.



Slika 19. Konfigurirana mrežna topologija

## 2.3. Simulacija jednostavne mreže

### 2.3.1. Pokretanje eksperimenta

Nakon što je mrežna topologija ispravno postavljena i konfigurirana, može se započeti sa simulacijom. To se postiže odabirom opcije *Experiment*→*Execute* u izborničkoj traci. U procesu započinjanja simulacije IMUNES ispituje postoje li objekti u memoriji preostali od prethodne simulacije, i ako postoje briše ih. Tek nakon toga nastavlja se proces stvaranja virtualnih čvorova. Taj proces može potrajati nekoliko sekundi, i za to vrijeme u statusnoj traci moguće je vidjeti proces koji se u tom trenutku stvara.

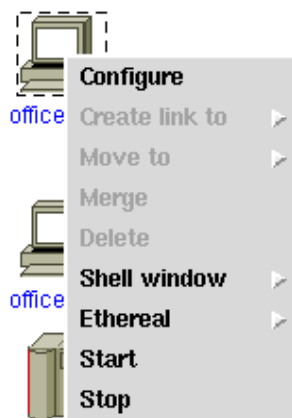
Svaki od čvorova u mreži konfigurirat će se u skladu s informacijama danim u njegovim konfiguracijskim parametrima. Osim toga, u svaki čvor će se automatski ugraditi i *loopback* sučelje, a usmjeriteljima će biti omogućeno prosljeđivanje paketa u jezgru operacijskog sustava.

Mreža je spremna za simulaciju u trenutku kad se pojavi poruka o tome koliko je vremena potrošeno za njeno instanciranje (Slika 20).

Slika 20. Poruka o uspješno završenom instanciranju mrežne topologije

### 2.3.2. Mogućnosti koje pruža simulirano mrežno okruženje

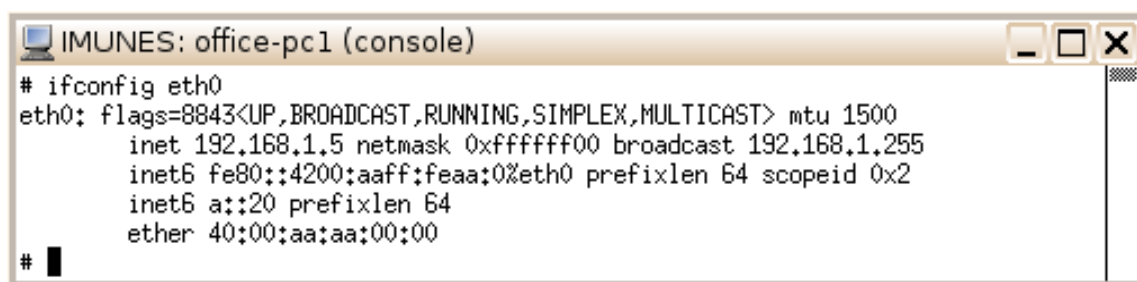
Izbornik mrežnog elementa u izvršnom načinu rada otvara se desnim klikom miša iznad elementa i odabirom željene opcije u izborniku. Izbornik u ovome načinu rada nešto se razlikuje od onoga u uređivačkom načinu. Između ostaloga, u izborniku je moguće otvoriti komandni prozor (*Shell window*) za svaki element (unutar Unix okruženja radi se o X terminalu), kao i snimatelj mrežnog prometa *Ethereal*.



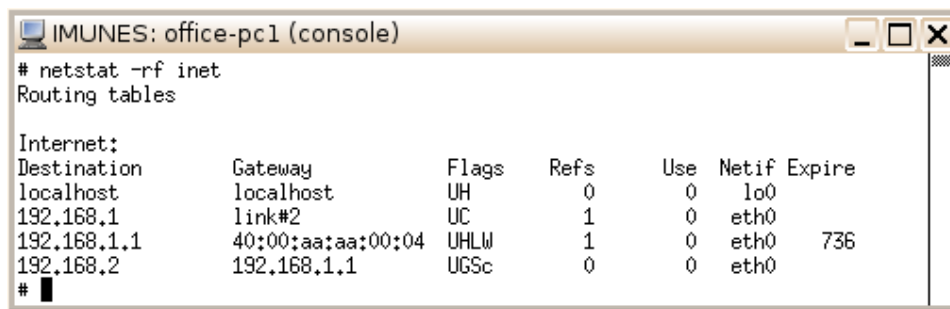
Slika 21. Izbornik mrežnog elementa u izvršnom načinu rada

Opcija *Configure* unutar izbornika dostupna je i kod čvorova i kod podatkovnih poveznica. U izvršnom načinu rada nije moguće promijeniti konfiguracijske parametre unutar te opcije, osim samog imena elementa koji je moguće mijenjati. Ukoliko se želi dinamički promijeniti neki od parametara elementa, to se mora učiniti putem njegovog komandnog prozora. Drugim riječima, opcija *Configure* u izvršnom načinu rada služi samo za pregled ali ne i za mijenjanje konfiguracijskih parametara.

U našem primjeru možemo pomoću komandnog prozora elementa *office-pc1* ustanoviti jesu li njegove mrežne karakteristike ispravno konfigurirane:



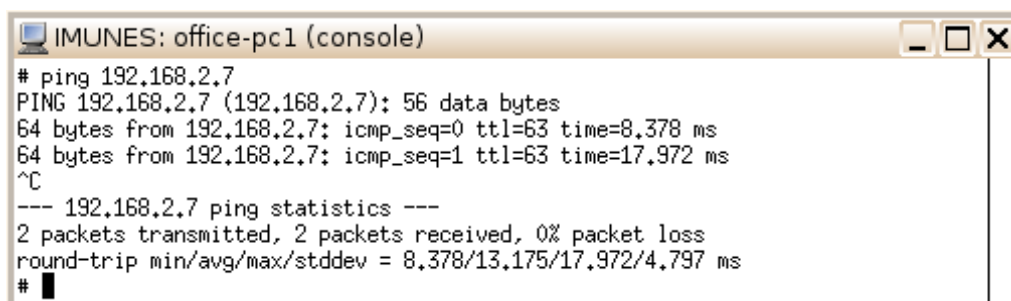
Slika 22. Komandni prozor za čvor *office-pc1* – parametri mrežnog sučelja



```
IMUNES: office-pc1 (console)
# netstat -rf inet
Routing tables

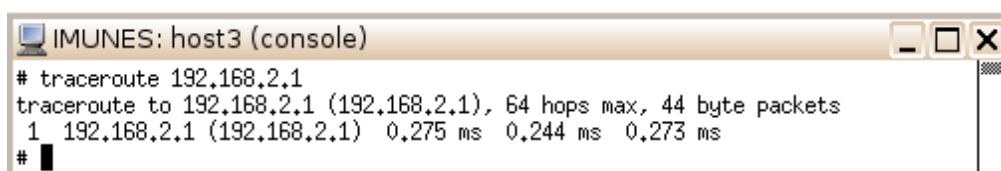
Internet:
Destination      Gateway           Flags    Refs      Use  Netif Expire
localhost         localhost         UH        0         0    lo0
192.168.1         link#2           UC        1         0    eth0
192.168.1.1       40:00:aa:aa:00:04 UHLW      1         0    eth0   736
192.168.2         192.168.1.1      UGSc      0         0    eth0
#
```

Slika 23. Komandni prozor za čvor *office-pc1* – pregled statičkih ruta



```
IMUNES: office-pc1 (console)
# ping 192.168.2.7
PING 192.168.2.7 (192.168.2.7): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.2.7: icmp_seq=0 ttl=63 time=8.378 ms
64 bytes from 192.168.2.7: icmp_seq=1 ttl=63 time=17.972 ms
^C
--- 192.168.2.7 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 8.378/13.175/17.972/4.797 ms
#
```

Slika 24. Komandni prozor za čvor *office-pc1* – provjera dostupnosti čvora *office-host2*



```
IMUNES: host3 (console)
# traceroute 192.168.2.1
traceroute to 192.168.2.1 (192.168.2.1), 64 hops max, 44 byte packets
1 192.168.2.1 (192.168.2.1) 0.275 ms 0.244 ms 0.273 ms
#
```

Slika 25. Komandni prozor za čvor *office-pc1* – naredba *traceroute*

### 2.3.3. Završetak eksperimenta

U izvršnom načinu rada niti jedan od alata iz alatne trake nije dostupan za korištenje osim alata *Select*. Također, neke opcije iz izborničke trake također nije moguće odabrati u ovom načinu rada. Ako je u ovom trenutku potrebno promijeniti mrežnu topologiju ili konfiguracijske parametre, mora se prijeći u uređivački način rada odabirom opcije *Experiment*→*Terminate*. Izvođenje eksperimenta prekinuto je u trenutku kad se u statusnoj traci pojavi poruka o uspješnom brisanju svih instanci (Slika 26).

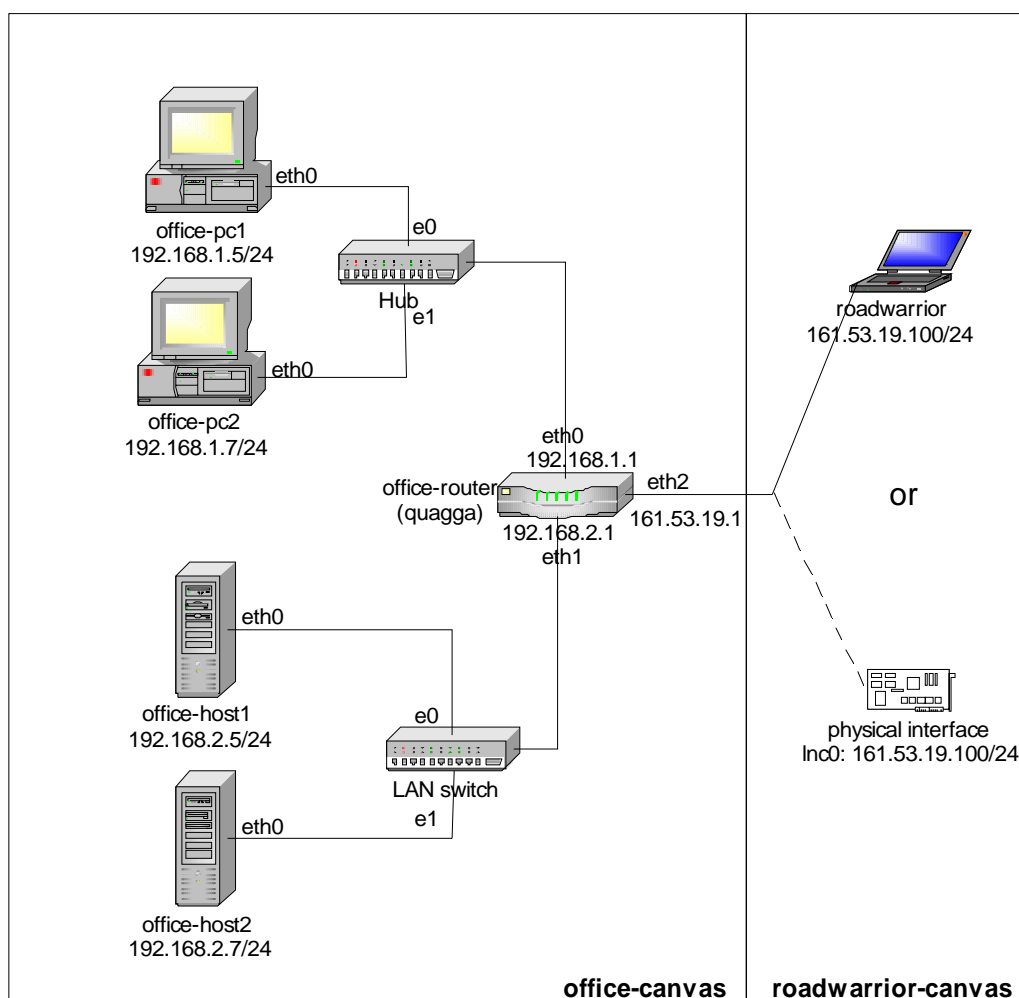


Slika 26. Poruka o završetku eksperimenta

Za vrijeme tog procesa IMUNES zaustavlja sve mrežne elemente: čvorove i podatkovne poveznice, njihova sučelja i adrese, kao i sve procese koji su se do tog trenutka odvijali na svakome od čvorova.

### 3. Složeni mrežni scenarij

U ovom poglavlju opisane su dodatne mogućnosti koje se mogu iskoristiti pri izgradnji i konfiguraciji virtualne mreže u sustavu IMUNES. Poslužit ćemo se mrežom na Slici 27 kao primjerom.



Slika 27. Primjer složene mrežne topologije

#### 3.1. Proširenje postojeće topologije novim opcijama

Proširit ćemo topologiju iz prošlog zadatka tako što ćemo uvesti prijenosno računalo i fizičko sučelje i to na način da ćemo ih smjestiti u drugi radni prostor (*canvas*). Kako biste otvorili postojeću IMUNES konfiguracijsku datoteku odaberite opciju *File*→*Open* i odaberite datoteku *simple-network.imn*. Provjerite jeste li u uređivačkom načinu rada. Ako niste, prebacite se u njega pomoću *Experiment*→*Terminate*.

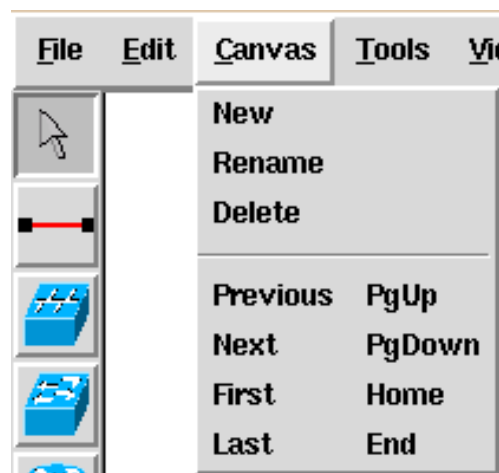


### 3.1.1. Upravljanje radnim ploham (engl. *Canvas*)

Za dodavanje novog radnog sloja u kojem se može kreirati mrežna topologija koristi se opcija *Canvas→New* u izborničkoj traci. Svaki novi sloj dobiva ime *CanvasX*, gdje *X* predstavlja redni broj kreiranog sloja.

Kako bismo promijenili ime sloju *Canvas0* u *office-canvas* kao i sloju *Canvas1* u *roadwarrior-canvas*, možemo se poslužiti opcijom *Canvas→Rename*. Ova opcija može promijeniti samo ime onog sloja koji je trenutno aktivan.

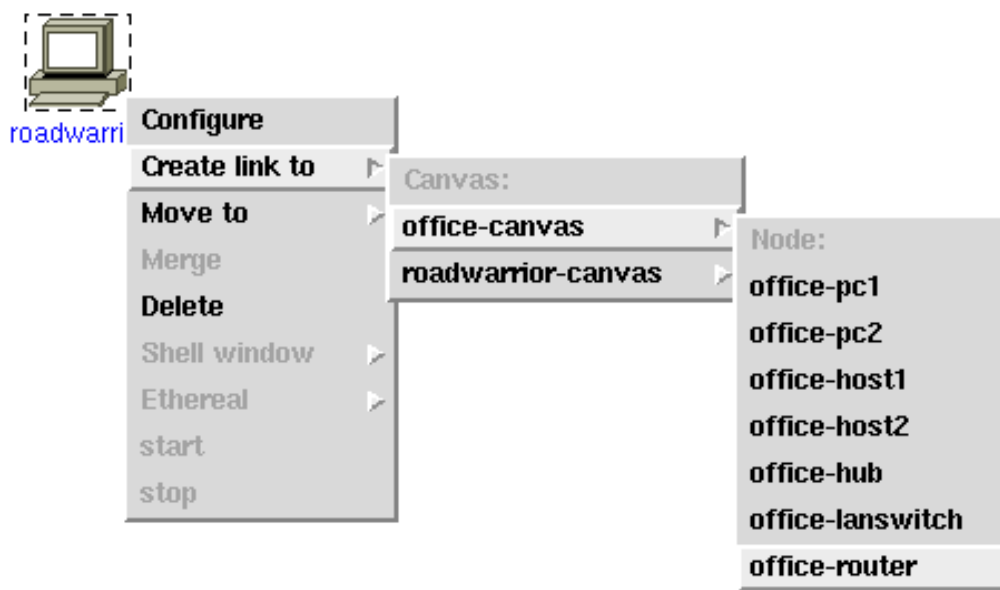
Opcija *Canvas→Delete* briše aktivni sloj, dok se ostale opcije unutar izbornika (*Previous*, *Next*, *First*, *Last*) koriste za odabir aktivnog sloja. Odabir aktivnog sloja može se također obaviti odabirom željenog *tab*-a smještenog iznad statusne trake.



Slika 28. Izbornik *Canvas*

Sljedeći korak je postaviti prijenosno računalo na radnu plohu *roadwarrior-canvas* koristeći alat *PC*. Nakon toga možemo promijeniti ime računala u *roadwarrior* koristeći se njegovim konfiguracijskim prozorom. Možemo primijetiti da konfiguracija u sebi još ne sadrži nikakve parametre mrežnog sučelja. Ti parametri bit će dodijeljeni nakon što se čvor poveže s nekim drugim čvorom putem podatkovne poveznice.

U našem primjeru računalo *roadwarrior* ćemo povezati s čvorom *office-router* na način prikazan Slikom 29.



Slika 29. Povezivanje čvorova između različitih radnih ploha

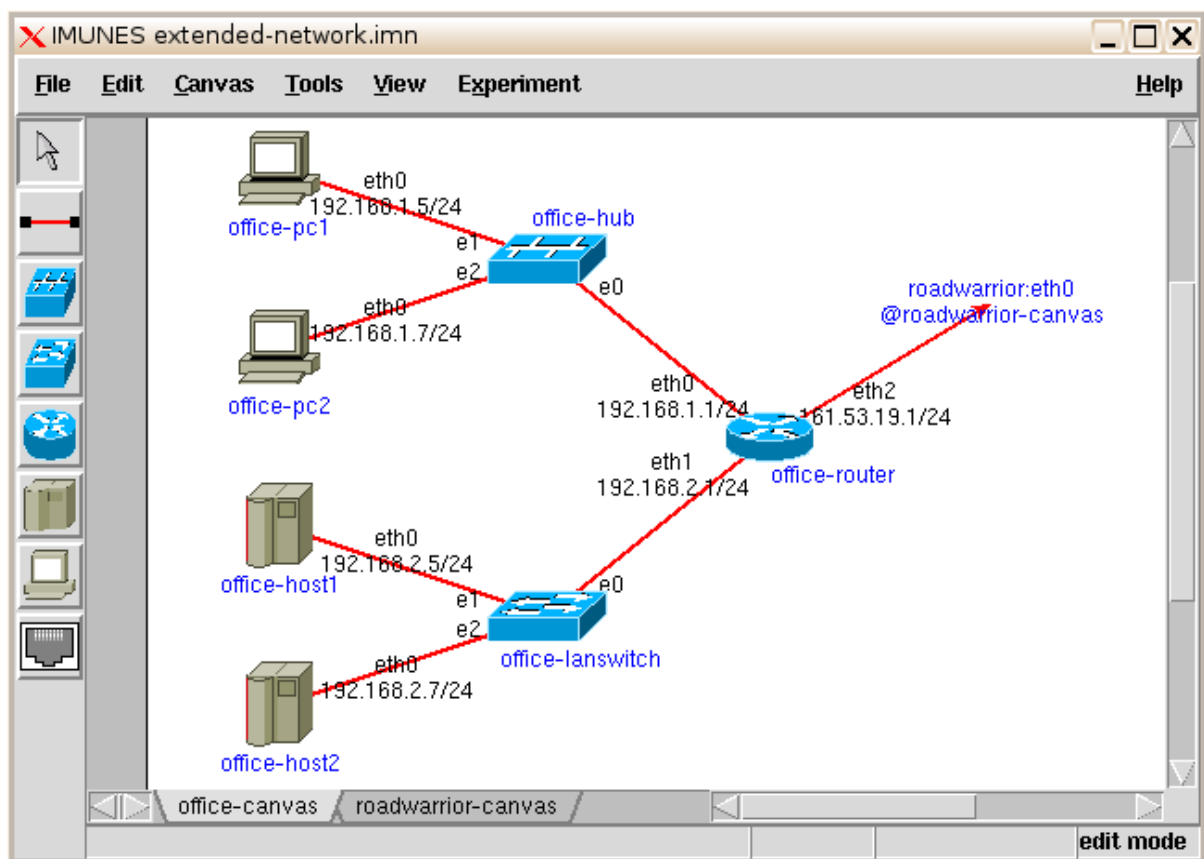
Nakon povezivanja ova dva čvora pojavit će se konfiguracijski parametri novostvorenih sučelja. Promijenit ćemo automatski dodijeljenu IP adresu na sučelju *eth2* čvora *office-router* u 161.53.19.1, te IP adresu sučelja *eth0* čvora *roadwarrior* u 161.53.19.100 (Slika 30).



Slika 30. Povezanost čvorova *roadwarrior* i *office-router* putem podatkovne poveznice

Čvor *office-router* koristi se quagga dinamičkim modelom usmjeravanja te na njemu ne treba vršiti nikakve daljnje konfiguracije. Čvor *roadwarrior* koristi statičke rute usmjeravanja, i stoga je potrebno u njegovom konfiguracijskom prozoru promijeniti polje statičkih ruta tako da ono iznosi 0.0.0.0/0 161.53.19.1.

Nakon provođenja svih potrebnih konfiguracija, mrežna topologija trebala bi izgledati kao na sljedećoj slici:



Slika 31. Postojeća mreža proširena novom radnom plohom

Čvor *roadwarrior* se može pomaknuti iz jedne radne plohe u drugu odabirom opcije *Move To* → *office-canvas* u izborniku čvora *roadwarrior*. Podatkovna poveznica između čvorova *roadwarrior* i *office-router* se može obrisati opcijom *Delete* na jednak način kao i svaka druga poveznica.

Nakon što smo konačno završili s konfiguracijom mreže, možemo prijeći u izvršni način rada izvođenjem naredbe *Experiment* → *Execute* u izborničkoj traci. Za vježbu možemo pomoću naredbe *ping* provjeriti dostupnost svih čvorova od strane čvora *roadwarrior*. Također možemo ustanoviti da čvorovi iz podmreže 192.168.1.0/24 ne mogu pristupiti čvoru *roadwarrior*, ali zato mogu pristupiti čvorovima iz druge podmreže.

### 3.1.2. Dodavanje i konfiguracija fizičkog mrežnog sučelja

Uz pomoć ovog alata iz alatne trake moguće je povezati neki od virtualnih čvorova s fizičkim sučeljem. Na taj način virtualna mreža u mogućnosti je komunicirati s čvorovima iz vanjske, fizičke mreže.

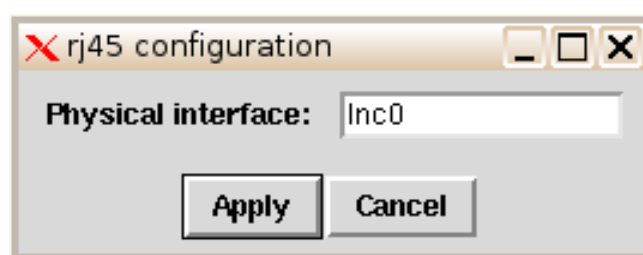
U našem primjeru dodat ćemo fizičko sučelje na plohu *roadwarrior-canvas* (Slika 32). Za vježbu možemo pokušati staviti fizičko sučelje na plohu *office-canvas*, a potom je uz pomoć opcije *Move To* → *roadwarrior-canvas* prebaciti na drugu radnu plohu.



Slika 32. Fizičko sučelje

Fizičko sučelje možemo povezati s čvorovima *Switch* ili *Router*. U našem primjeru sučelje ćemo povezati s čvorom *office-router6* koristeći podatkovnu poveznicu.

Novostvoreni čvor fizičkog sučelja nije dodijeljen niti jednom stvarnom sučelju, stoga je inicijalno i nazvan *unassigned*. Otvaranjem konfiguracijskog prozora tog čvora i odabirom opcije *Configure*, može se polje *Physical Interface* ispuniti informacijom o željenom sučelju računala na koje se čvor želi povezati. Nakon toga ime fizičkog sučelja pojavit će se kao ime čvora fizičkog sučelja.



Slika 33. Dodjela fizičkog sučelja

Sada ćemo provjeriti ima li čvor *office-router* ispravno konfiguriranu IP adresu na sučelju koje ga povezuje s fizičkim sučeljem. Osim toga, potrebno je i provjeriti postoje li rute usmjeravanja između virtualne mreže (na čvoru *office-router*) i vanjske odnosno fizičke mreže. Takve rute moraju postojati na objema mrežama.

## 3.2. Ostale mogućnosti konfiguriranja

### 3.2.1. Dodatna podešavanja

Konfiguracijski prozori čvorova *pc*, *host* i *router* sadrže u sebi polje *Custom configuration*. To polje generira se automatski ovisno o informacijama koje se nalaze u samom konfiguracijskom prozoru, i to nakon odabira opcije *Generate*.

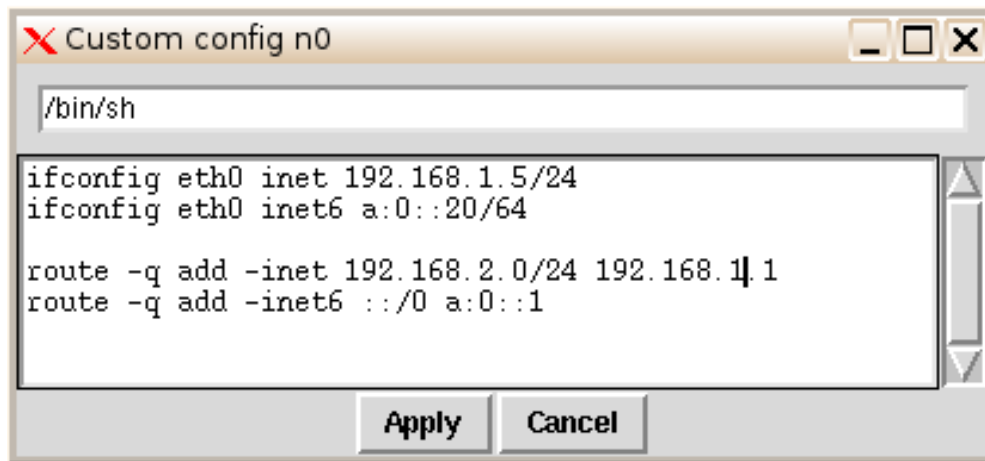


Slika 34. Polje *Custom configuration*

Kako biste pogledali ili uredili konfiguraciju, odaberite opciju *Edit*. U slučaju da se radi o statičkom modelu usmjeravanja na čvorovima *pc*, *host* ili *router*, ova konfiguracija sastojat će

se od naredbi `ifconfig` i `route`, dok će kod usmjeritelja s ugrađenim modelom *quagga* ili *xorp* biti navedena konfiguracijska datoteka koja se odnosi na taj čvor.

Konfiguracijski prozor sadrži i polje *startup command*.



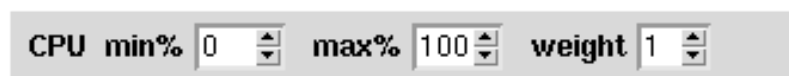
Slika 35. Polje *Custom configuration*

### 3.2.2. Napredni parametri virtualnih čvorova

Konfiguracijski prozori čvorova *pc* i *host* sadrže i polje s dodatnim parametrima vezanima uz postavke slike virtualnog čvora u jezgri operacijskog sustava:

- Minimalna i maksimalna opterećenost procesora
- Težinski faktor

Ovi parametri korisni su za konfiguraciju čvorova poslužitelja kod simuliranja opterećenosti poslužitelja.



Slika 36. Konfiguracijski parametri virtualne slike

## 3.3. Upravljanje konfiguracijskim datotekama

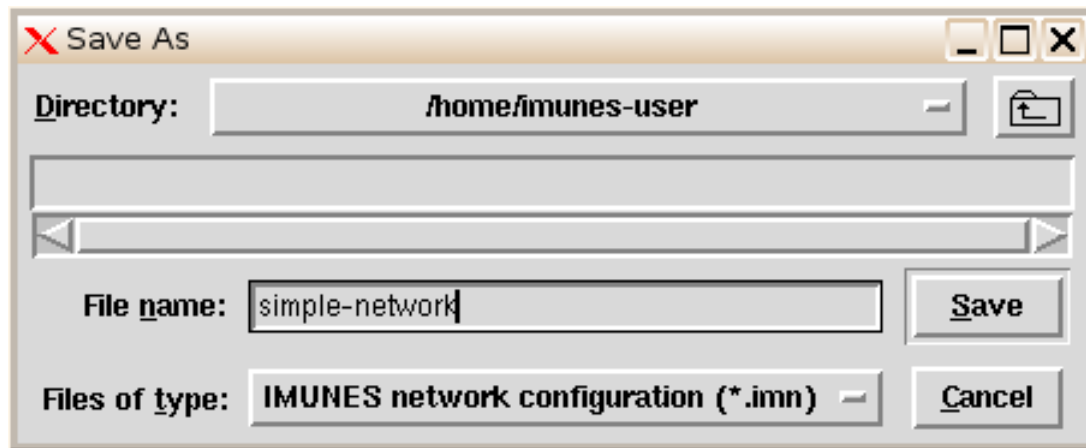
### 3.3.1. Spremanje i otvaranje mrežne konfiguracije

Nakon uspješnog kreiranja, konfiguriranja i testiranja mrežne topologije, ista može biti spremljena u memoriju pomoću opcije *File→Save As* ili *File→Save*. Ekstenzija datoteka napravljenih u sustavu IMUNES je *imn*.

Struktura svih konfiguracijskih datoteka prikladna je za uređivanje u većini uređivača tekstova.

Kako biste otvorili datoteku `.imn`, u grafičkom korisničkom sučelje odaberite opciju *File*→*Open*. Datoteku možete navesti i pri pokretanju sustava na sljedeći način:

```
# imunes simple-network.imn
```



Slika 37. Pohranjivanje kreirane konfiguracije

### 3.3.2. Pokretanje i zaustavljanje simulacije putem komandne linije

Ako ste pokrenuli IMUNES u tekstualnom načinu rada, simulacija se pokreće unosom sljedeće naredbe:

```
# imunes -b simple-network.imn
```

Također, simulacija se tom načinu rada zaustavlja sljedećom naredbom:

```
# imunes -b
```