

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

Sveučilišni studij

**METODE ZA OPTIMIZACIJU PROMETNOG
OPTEREĆENJA MREŽNIH POSLUŽITELJA**

Završni rad

Kristina Opačak

Osijek, 2019.

1. UVOD	1
1.1. Zadatak završnog rada	1
2. PRIMJENA MREŽNIH POSLUŽITELJA.....	2
2.1. Nužne performanse mrežnih poslužitelja	2
2.2. Kašnjenje	3
2.3. Varijacija kašnjenja	7
2.4. Gubitak paketa.....	9
3. METODE ZA OPTIMIZACIJU PROMETNOG OPTEREĆENJA.....	11
3.1. Kvaliteta usluge	11
3.2. Razina dostupnosti usluga	12
3.3. Raspoloživa propusnost.....	13
3.4. Tolerancija na pogreške.....	14
3.5. Raspodjela opterećenja	15
4. METODE OPTIMIZACIJE U SIMULIRANIM MREŽNIM SCENARIJIMA.....	17
4.1. Simulator <i>Riverbed Modeler Academic Edition</i>	17
4.2. Dizajniranje računalne mreže	18
4.3. Uklanjanje pozadinskog opterećenja mrežne usluge.....	19
4.4. Optimizacija opterećenja linkova promjenom broja računala u mreži.....	20
4.5. Skraćivanje vremena odziva mrežne usluge promjenom smještaja poslužitelja	21
4.6. Smanjenje opterećenja linkova onemogućavanjem korištenja pojedinih mrežnih usluga	
22	
4.7. Optimizacija prometnog opterećenja poslužitelja promjenom broja poslužitelja i	
razdvajanjem mrežnih usluga	23
4.8. Skraćivanje vremena odziva mrežne usluge promjenom brzine linkova	25
5. ZAKLJUČAK	26
6. LITERATURA.....	27
SAŽETAK	29
ABSTRACT	29
ŽIVOTOPIS.....	30

1. UVOD

Internet je računalna mreža koja povezuje stotine milijuna računalnih uređaja diljem svijeta. Ne tako davno, ti su računalni uređaji bili prvenstveno tradicionalna stolna računala, Linux radne stanice i poslužitelji koji pohranjuju podatke. Međutim, danas su s internetom povezani i uređaji kao što su prijenosna računala, pametni telefoni, tableti, televizori, igraće konzole, web kamere, automobili, raznorazni senzori, kućni električni, sigurnosni sustavi i sl. U internetskom žargonu, svi se ovi uređaji nazivaju *hostovima* ili krajnjim uređajima. Pri pristupanju pojedinim web stranicama u istome trenutku upućuje se stotine tisuća ili čak i milijun zahtjeva prema web poslužiteljima. Sve to iziskuje prijenos iznimno velikih količina podataka, a navedene količine zahtjeva predstavljaju teret, odnosno prometno opterećenje za poslužitelje. Mrežne poslužitelje moguće je promatrati kao infrastrukturu koja pruža usluge korisnicima u mreži. U idealnom slučaju, za pružanje internetskih usluga trebalo bi omogućiti prijenos velikih količina podataka između bilo koja dva krajnja sustava i to unutar što kraćeg vremena, bez gubitaka te u najkraćem roku odgovoriti na sve zahtjeve. Nažalost, taj je cilj često nedostižan. Umjesto toga, u računalnim mrežama ograničena je propusnost (količina podataka u sekundi koja se može prenijeti) između krajnjih sustava, dolazi do kašnjenja pri slanju podataka između krajnjih sustava i gubitaka paketa [2]. Zbog toga je potrebno optimalno smjestiti poslužitelje u mreži i ravnomjerno koristiti resurse te na taj način utjecati na optimizaciju opterećenja komunikacijskih linkova u mrežama, što je i tema ovog završnog rada.

1.1. Zadatak završnog rada

U ovom radu potrebno je opisati i analizirati metode koje omogućuju optimizaciju ukupnog prometnog opterećenja mrežnih poslužitelja te bolje upravljanje dostupnim mrežnim resursima. U odabranim testnim simuliranim mrežnim scenarijima potrebno je prikazati metode koje se koriste pri optimizaciji prometnog opterećenja poslužitelja.

2. PRIMJENA MREŽNIH POSLUŽITELJA

2.1. Nužne performanse mrežnih poslužitelja

Osim korisničkih zahtjeva za brzim pristupom internetu i nesmetanom upotrebom istog, postoje i specifični razlozi zbog kojih je potrebno optimizirati prometno opterećenje mrežnih poslužitelja i zadovoljiti barem minimalne potrebne mrežne performanse. Prvi je razlog mjerenje vremena neprekidnog rada, odnosno vremena unutar kojeg se mreža koristi. Drugi je razlog osjetljivost na kašnjenje, tj. omogućavanje brze isporuke paketa. Treći je razlog potreba za visokom propusnošću [11].

Mrežni poslužitelj sadrži informacije kojima klijentska aplikacija pokrenuta na korisnikovu računalu može pristupiti. Korisnik pristupa uslugama sa svog računala pri čemu koristi pretraživač. Pretraživač u tom procesu predstavlja klijentsku aplikaciju koja omogućava slanje zahtjeva mrežnom poslužitelju. Nakon toga zahtjev se prosljeđuje vlastitoj bazi podataka ili šalje zahtjev drugom poslužitelju kako bi se preuzeli podaci. Nakon pronalaženja podataka, oni se prosljeđuju bazi podataka onog sustava koji je poslao zahtjev, a baza podataka zatim te podatke prosljeđuje mrežnom poslužitelju. Podatci se prikazuju u pretraživaču s kojeg je zahtjev i poslan [3].

Funkcije mrežnih poslužitelja [3]:

- prihvaćanje klijentskih zahtjeva,
- obrada zahtjeva te
- prosljeđivanje obrađenih zahtjeva klijentu.

Ako su klijent i poslužiteljski procesi smješteni na nekoliko umreženih računala, moguće je da usluge budu osigurane i za više od jednog klijenta. Osim toga, više različitih poslužitelja mogu pružiti usluge jednom klijentu pri čemu nisu bitne lokacije ili fizičke karakteristike računala na kojima se pokreću poslužiteljski procesi. Klijenti i poslužitelj komuniciraju putem mreže koja ih međusobno povezuje [3].

Na slici 1.1. [3] prikazane su nužne performanse pojedinih aplikacija. Primjerice, audio prijenosi zahtijevaju mali postotak gubitaka paketa i malo kašnjenje, ali toleriraju veliku varijaciju kašnjenja i malu širinu prijenosnog pojasa.

Aplikacija	Širina pojasa	Kašnjenje	Varijacija kašnjenja	Gubitci paketa
E-mail	mala	malo	malo	srednje
Prijenos datoteka	veliko	malo	malo	srednje
Pristup internetu	srednje	srednje	malo	srednje
Prijava s udaljenosti	malo	srednje	srednje	srednje
Audio	malo	malo	veliko	malo
Video	veliko	malo	veliko	malo
Telefonski sustav	malo	veliko	veliko	malo

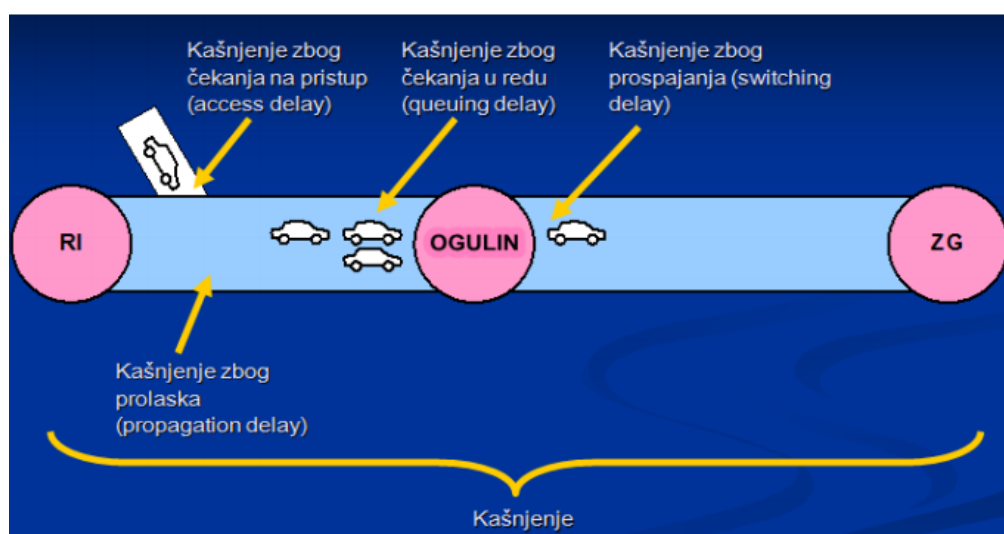
Sl.1.1.1. Nužne performanse pojedinih aplikacija [3]

2.2. Kašnjenje

Kašnjenje predstavlja vrijeme koje je potrebno podacima da prijeđu put od pošiljatelja, izvorišnog računala, do primatelja, odredišnog računala. Ono se izražava u vremenskim jedinicama, a najčešće u milisekundama ako su u pitanju mreže koje se rasprostiru na većim područjima. Svaka komponenta koja se nalazi na putu kojim se podaci šalju utječe na ukupno kašnjenje, a to uključuje preklopnike, usmjerivače, vatrozide, koncentratore i ukupno vrijeme propagacije signala kroz linkove. Kašnjenje u jednom smjeru ne smije iznositi više od 150 milisekundi, prema ITU-T G.114 [14].

Za što bolje performanse, kašnjenje u mreži pri slanju podataka mora biti što manje.

Informacijsko-komunikacijski promet može povući analogiju s cestovnim prometom kada je riječ o kašnjenju.



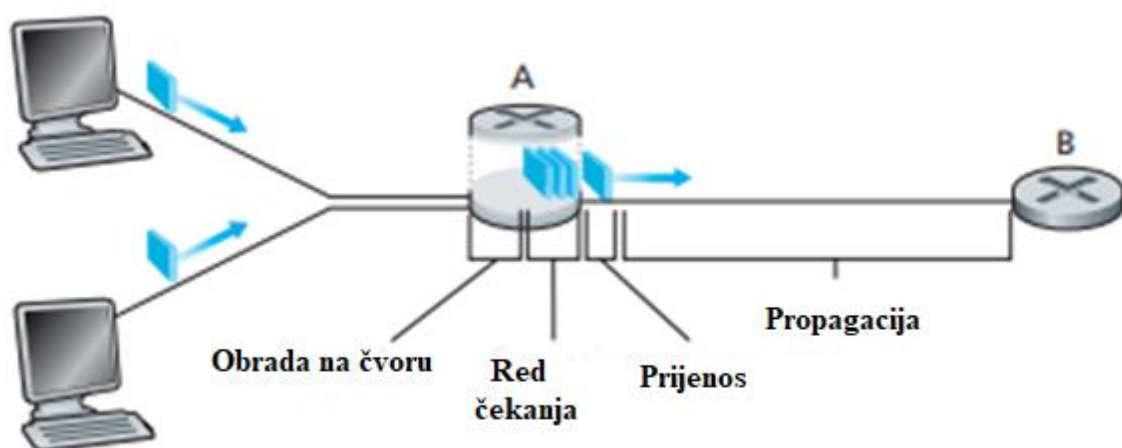
Sl.2.1.1. Analogija cestovnog i mrežnog prometa [7]

Prema slici 2.1. [7], može se vidjeti da se kašnjenje sastoji od nekoliko komponenti. Kašnjenje može biti uzrokovano propagacijom signala (engl. *propagation delay*), prospajanjem (engl. *switching delay*), čekanjem na pristup (engl. *access delay*), kodiranjem i dekodiranjem (engl. *encoding/decoding delay*), komprimiranjem i dekomprimiranjem te paketizacijom i depaketizacijom (engl. *packetization/depacketization delay*). To su faktori koji utječu na kašnjenje pri isporuci paketa, što uvelike utječe i na ukupne performanse računalnih mreža.

Izvori kašnjenja se dijele na dvije vrste [7]:

1. fiksni - postoje uvijek i poznatih su iznosa
2. varijabilni - postoje ponekad, a iznos im je nepoznat jer ovisi o trenutnom stanju mreže.

Put paketa započinje na izvorišnom čvoru, nastavlja se preko niza linkova i mrežnih uređaja, a završava u odredišnom čvoru. Putem od jednog do drugog čvora, vrijeme slanja paketa se povećava zbog nekoliko razloga kašnjenja duž rute. Najvažnije komponente kašnjenja su kašnjenje zbog obrade na čvoru, kašnjenje u redu čekanja, kašnjenje zbog prijenosa i kašnjenje zbog propagacije. Zajedno, ta se kašnjenja sumiraju i daju ukupno kašnjenje. Performanse mnogih internetskih aplikacija, poput pretraživanja web-a, e-pošte i razmjene poruka, uvelike su pod utjecajem kašnjenja u mreži [7].



Sl.2.2. Komponente ukupnog kašnjenje paketa [2]

Na slici 2.2. [2] shematski je prikazan primjer kašnjenja paketa. Paket se šalje s računala preko usmjerivača A do usmjerivača B. Usmjerivač A ima izlazni port koja vodi do usmjerivača B. Izlaznom portu prethodi međuspremnik (eng. *buffer*). Kad paket stigne na usmjerivač A, analizira se zaglavlje paketa i utvrđuje se koji je prikladan odlazni port za paket, a zatim se paket usmjerava na njega. U ovom primjeru odlazni link za paket je onaj koji vodi do usmjerivača B. Paket se može prenositi samo ako trenutno nema drugog paketa koji se prenosi te ako u redu čekanja nema drugih paketa koji mu prethode.

Vrijeme potrebno za pregled zaglavlja paketa i određivanje mjesta gdje ga uputiti utječe na kašnjenja. Kašnjenje zbog obrade može uključivati i druge čimbenike, kao što je vrijeme potrebno za provjeru pogrešaka na razini bita u paketu koji mogu nastati pri prenošenju paketa iz izvorišnog čvora, odnosno računala na usmjerivač A. Kašnjenja pri obradi brzih usmjerivača obično su izraženi u mikrosekundama ili su čak i manja.

Za *Ethernet* vezu čiji je kapacitet 10 Mbps, maksimalna prijenosna brzina iznosi $R = 10$ Mbps; za *Ethernet* vezu od 100 Mbps, maksimalna brzina je $R = 100$ Mbps. Kašnjenje pri prijenosu podataka moguće je odrediti iz omjera L/R , pri čemu L predstavlja veličinu datoteke. Ovo je vrijeme koje je potrebno da bi se prenijeli svi bitovi paketa na odlazni link. Kašnjenje pri prijenosu najčešće je reda veličine od nekoliko mikrosekundi do nekoliko milisekundi [2].

Brzina propagacije bitova ovisi o svojstvima fizičkog medija (jesu li to optička vlakna, upletena bakrena parica i sl.) i nalazi se u rasponu od 2×10^8 m/s do 3×10^8 m/s, što je jednako ili malo manje od brzine svjetlosti. Kašnjenje uslijed rasprostiranja izražava se kao omjer udaljenosti između dva čvora i brzine rasprostiranja [2].

Odgovor na pitanje kada je kašnjenje u redu čekanja zanemarivo, a kada je veliko, zbog čega je potrebno optimizirati prometno opterećenje mrežnih poslužitelja, ovisi o brzini kojom promet dolazi na red za posluživanje te karakteristikama prometa. Drugim riječima, bitno je je li promet stigao periodično ili ne.

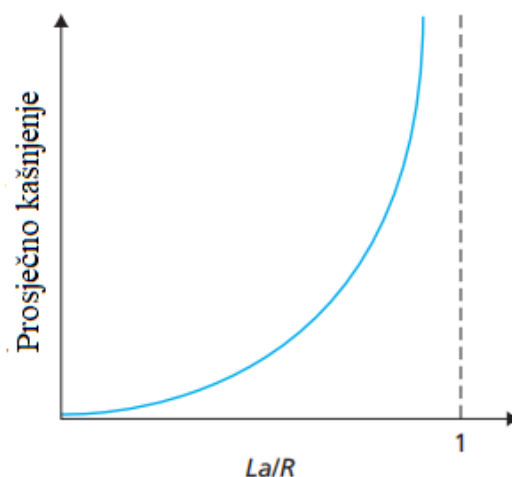
Ako je R brzina kojom se bitovi šalju, L ukupan broj bitova, a L_a prosječna brzina (izražena u bitovima/sek) kojom bitovi stižu u red, onda je L_a/R prometni intenzitet, pri čemu u redu može postojati neograničen broj bitova. Ako je intenzitet prometa veći od 1, odnosno veći od 100%, tada je prosječna brzina kojom bitovi dolaze u red posluživanja veća od brzine kojom se ti bitovi prenose iz reda čekanja. U takvom slučaju, kašnjenje će postajati veliko i red će se povećavati do te mjere da će se kašnjenje približiti beskonačnosti. Iz toga zaključujemo da je optimizacija

prometnog opterećenja mrežnih poslužitelja nužnija što je omjer La/R veći, to jest što je intenzitet prometa veći. Jedno od zlatnih pravila u prometnom inženjerstvu je: „Dizajniranje sustava tako da prometni intenzitet ne bude veći od 1“ [2].

Drugi slučaj je da je $La/R \leq 1$. Ako paketi stižu periodično, to jest jedan paket svake L/R sekunde, tada će svaki paket stići u prazan red i neće biti kašnjenja u redu čekanja. S druge strane, ako paketi stižu neperiodično, povremeno može doći do značajnog prosječnog kašnjenja u redu čekanja. Na primjer, uz pretpostavku da N paketa stiže istovremeno svake L/R sekunde, tada prvi poslani paket nema kašnjenja u redu čekanja; drugi proslijeđeni paket ima kašnjenje u redu od L/R sekundi; i općenitije, N -ti preneseni paket ima kašnjenje u redu od $(N-1) \cdot L/R$ sekundi [2].

Vrijednost La/R obično nije dovoljna za potpuni statistički opis kašnjenja u redu čekanja. Unatoč tome, korisno je za intuitivno razumijevanje vrijednosti kašnjenja razumjeti ovisnost intenziteta prometa o kašnjenju, a posebno ako je intenzitet prometa blizu nula. Tada je mala vjerojatnost da će biti kašnjenja. S druge strane, kada je intenzitet prometa blizu 1, brzina dolaska paketa najčešće će premašivati kapacitet mrežnog poslužitelja. Kada je brzina dolaska paketa manja od kapaciteta prijenosnog linka, duljina čekanja će se smanjiti. Analogno tome, kako se intenzitet prometa približava 1, prosječno kašnjenje postajat će sve veće i veće [2].

Kvalitativna ovisnost prosječnog kašnjenja u redu čekanja o intenzitetu prometa prikazana je na slici 2.3. [2]. Jedan od važnih aspekata slike 2.3. je činjenica da, kako se intenzitet prometa približava vrijednosti 1, prosječno kašnjenje u redu vrlo brzo raste.



Sl.2.3. Ovisnost prosječnog kašnjenja u redu čekanja o intenzitetu prometa [2]

Kašnjenja u mrežama širokog područja pokrivanja signalom ne može se točno predvidjeti jer ovise o trenutnom opterećenju čvorova te o mrežnim performansama. Ti su parametri najčešće nepoznati. Zbog toga kašnjenje u mreži nije moguće točno izračunati. Za najbliži proračun kašnjenja koriste se razne simulacijske programske podrške, primjerice simulator *Riverbed Modeler* koji se koristi u ovom radu.

2.3. Varijacija kašnjenja

Varijacija kašnjenja izražava se u odnosu na prosječnu vrijednost kašnjenja. Govori koliko kašnjenje može biti veće ili manje od te vrijednosti. Drugim riječima, predstavlja razliku u kašnjenju između susjednih paketa unutar iste sesije. Najčešće se izražava u milisekundama kada je riječ o mrežama širokog područja pokrivanja signalom. Izrazito je bitna kada se pokreću multimedijske aplikacije za koje je potrebno osigurati što manju varijaciju kašnjenja, tzv. *zero-jitter network*. Iznenadno smanjenje kašnjenja kod takvih osjetljivih aplikacija može uzrokovati neprirodno brzo reproduciranje dijela video zapisa. S druge strane, iznenadno povećanje kašnjenja rezultirat će zastajkivanjem i usporenjem video reprodukcije. Kod mreža širokog područja pokrivanja signalom koje imaju veliku varijaciju kašnjenja, reprodukcija video zapisa ostvaruje se pohranom dijelova video zapisa u spremnik (engl. *buffer*) na strani primatelja iz kojeg se odvija reprodukcija. Takav spremnik omogućuje reprodukciju s vremenskim pomakom većim od kašnjenja [1].

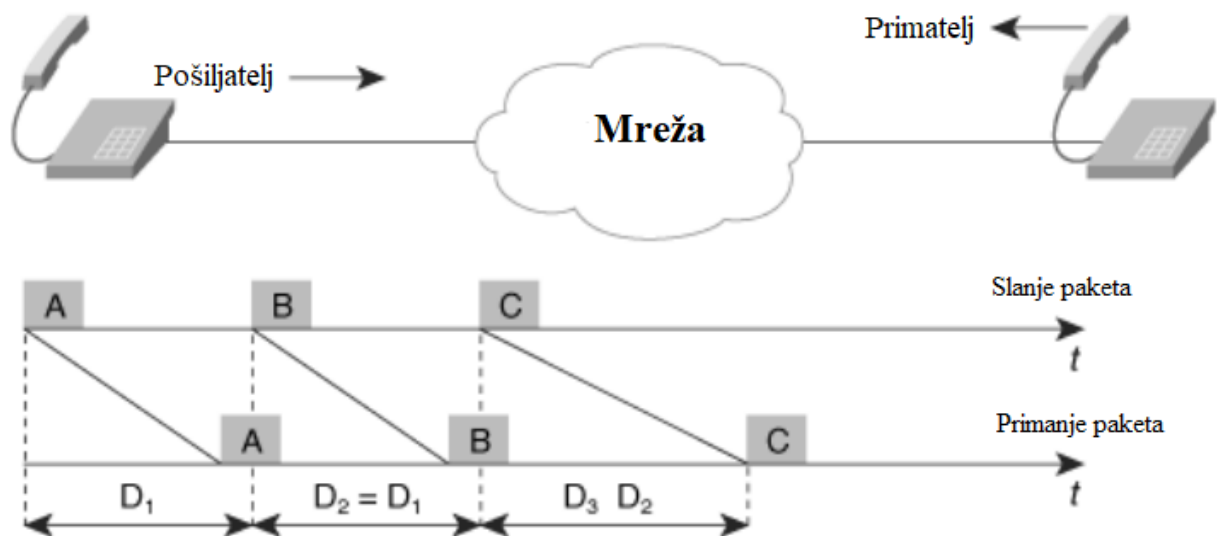
Varijacija kašnjenja se javlja uslijed nejednakog vremena posluživanja paketa u prometnom toku, ali i zbog razlika u putevima prolaska paketa do odredišta. Pri implementaciji VoIP-a, varijacija kašnjenja predstavlja veći problem nego samo kašnjenje.

Ublažava se na način postavljanja tzv. *de-jitter* spremnika na prijemnu stranu. *De-jitter* spremnici su posebni spremnici koji služe za primanje paketa, ali ih zadržavaju neko vrijeme i tek ih onda prosljeđuju dalje. Vrijeme za koje paketi ostaju u spremnicima ne smije biti fiksno nego prilagodljivo uvjetima u mreži. Na temelju već primljenih paketa algoritmima se predviđa kako će se kašnjenje u mreži mijenjati [5].

Varijacija kašnjenja se pojavljuje samo u paketski orijentiranim mrežama, a u njima postoji potreba da pošiljalatelj šalje pakete u pravilnim vremenskim intervalima. Ti se paketi mrežom šalju različitim putevima i ne stižu na odredište u jednakim vremenskim razmacima. Varijacija

kašnjenja specifičan je fenomen, ali postoji u svim većim mrežama. Paketi koji se prenose mogu se zadržati između mreže i ne stići u očekivanom vremenu do željene stanice.

U nekim slučajevima paketi čak mogu krenuti različitim rutama, ili se opterećenje može uravnotežiti prosljeđivanjem paketa kroz dvije slične rute, gdje je jedna od njih zagušena u tom trenutku [5].



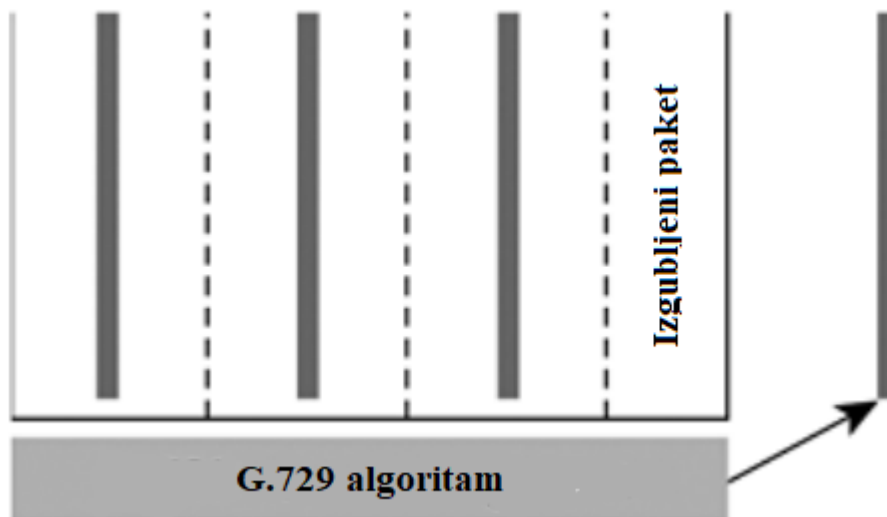
Sl.2.4. Varijacija kašnjenja [12]

Na slici 2.4. [12] može se vidjeti da se paketi mogu biti poslani različitim putevima kroz mrežu i na određeno stizati u različitim intervalima. Također se može primijetiti da je vremenska razlika slanja i primanja paketa A i B jednaka, to jest $D_1 = D_2$, dok paket C nailazi na drukčije uvjete, zbog čega kod paketa C dolazi do većeg kašnjenja i vrijeme dolaska na određeno je veće od očekivanog. Zbog toga su *de-jitter* spremnici nužni jer prikrivaju vremenske razlike u dolaznim paketima. Ipak, spremnici nisu beskonačne veličine i zato je ponekad bolje odbaciti pakete umjesto da se stvaraju velika i neželjena kašnjenja u spremnicima.

2.4. Gubitak paketa

Gubitak paketa se često pojavljuje u mrežama. Gubitke paketa uzrokovane su preopterećenjem linka, čestim kolizijama koje se pojavljuju na lokalnoj mreži, fizičkim oštećenjima prijenosnog medija i slično. Ovakve pogreške moguće je ispraviti TCP protokolom koji ima ugrađen mehanizam retransmisije. Ako je postotak izgubljenih paketa mali, nije nužno provoditi metode optimizacije jer je gubitak u tom slučaju zanemariv. Čak se i gubitci do oko 10% u pojedinim primjerima primjene smatraju prihvatljivima jer je njihov ispravak na prijemnoj strani moguć, ali sve iznad 10% smatra se problematičnim jer uspostavljena veza postaje neupotrebljiva, npr. za prijenos govora kada je riječ o *VoIP*-u [1].

Većina protokola koristi gubitak paketa kao mjeru za kvalitetu usluge te prema tome proračunima smanjuje ili povećava broj paketa koji se šalje. To je posebno bitno kod vremenski osjetljivog prometa kao što je prijenos govora. Za kontrolu toka paketa u takvom primjeru koriste se različiti mehanizmi kao što su klasifikacija prometnih tokova, primjena prikladnih prometnih pravila, prioritetiziranje i slično. Tim se mehanizmima broj izgubljenih paketa svodi na minimum. Na slici 2.5. [1] prikazan je jedan on takvih mehanizama, a to je ponavljanje posljednjeg primljenog paketa.



Sl.2.5. Mehanizam ponavljanja posljednjeg primljenog paketa [1]

Usmjerivač odgovara na periodičan gubitak paketa. Ako u očekivanom vremenu paket ipak nije primljen, smatra se izgubljenim. Nakon što se utvrdi da je paket izgubljen, slanje posljednjeg paketa će se ponoviti. Razlika u kvaliteti govora neće se registrirati ljudskim uhom jer je duljina izgubljenog paketa samo 20ms, a ljudska osjetila nisu osjetljiva na takve male iznose. Međutim, ova se tehnika skrivanja izgubljenih paketa može koristiti ako je samo jedan paket izgubljen. Ako je došlo do gubitka nekoliko uzastopnih paketa, prekid u govoru bit će osjetan jer tehnika skrivanja paketa ponavlja slanje samo jednog paketa jednom te se ne pokreće iznova za sljedeći paket. Kvaliteta usluge može se unaprijediti dodjelom prioriteta uslugama koje zahtijevaju prijenos u realnom vremenu. Pri tome je nužno analiziranje velikog broja čimbenika kao što su vrsta mreže, broj prometnih tokova, broj stvarno-vremenskih prometnih tokova, zahtjevi pojedinog toka i sl [9].

Neke aplikacije, kao što su prijenos slike i govora, to jest kod aplikacija koje zahtijevaju prijenos podataka u stvarnom vremenu, retransmisija nije moguća jer se u takvim primjerima najčešće koristi UDP protokol. Poželjno je da mreže širokog područja pokrivanja imaju manje od 1% izgubljenih paketa kako bi raspoloživost bila visoka, ali kod prijenosa govora poželjno je da gubitaka uopće nema, tj. da teži nuli [1].

VoIP često koristi nepouzdan UDP protokol, zbog čega je potrebno da drugi mehanizmi brinu o izgubljenim paketima. Mnogi protokoli gubitke paketa uzimaju kao referencu pri razmatranju uvjeta u mreži i na temelju toga smanjuju ili povećavaju broj paketa koji se šalje. Kod prometa koji je izrazito osjetljiv na promjenu vremenskih parametara, važno je kontrolirati količinu izgubljenih paketa. Mehanizmi kao što su klasifikacija prometnih tokova, primjena adekvatnih prometnih pravila i prioritiziranje omogućuju svođenje broja izgubljenih paketa na minimum.

U proračunima se pretpostavlja da red može zadržati beskonačan broj paketa. U stvarnosti, red čekanja ima ograničen kapacitet koji uvelike ovisi o dizajnu i trošku usmjerivača. Budući da je kapacitet spremnika ograničen, u stvarnosti se kašnjenje paketa ne može približavati beskonačnosti kao u proračunima kada se intenzitet prometa približava 1. Umjesto toga, kada paket stigne na red koji je već popunjen, usmjerivač taj paket odbacuje, to jest paket će biti izgubljen. Taj se preljev u redu čekanja također može vidjeti kad je intenzitet prometa veći od 1. S gledišta krajnjeg sustava, izgubljeni paket smatra se paketom koji se prenosi u mrežu, ali nikada ne stiže iz mreže do odredišta. Udio izgubljenih paketa povećava se kako se povećava intenzitet prometa. Stoga se performanse na čvoru često mjere ne samo u smislu kašnjenja, nego također u pogledu vjerojatnosti gubitka paketa [4].

3. METODE ZA OPTIMIZACIJU PROMETNOG OPTEREĆENJA

3.1. Kvaliteta usluge

Metodama za optimizaciju prometnog opterećenja mrežnih usluga unaprjeđuju se performanse mreže koje zahtijevaju dobru kvalitetu usluge. Cilj svih mrežnih poslužitelja je pružiti korisnicima zadovoljavajuću kvalitetu usluge. Da bi se to postiglo, potrebno je uspostaviti mrežnu komunikaciju sa što boljim performansama, ali to predstavlja vrlo složen zadatak jer na performanse mreže utječe jako puno parametara. U ovom su poglavlju navedene metode koje poboljšavaju kvalitetu usluge mrežnog prometa.

Razina kvalitete usluge (engl. *Quality of Service*, QoS) predstavlja mjeru koja se koristi za kontroliranje toka mrežnog prometa. Primjenom odgovarajućih metoda kvalitete usluge administratori mogu omogućiti prioritetnu isporuku podataka, tj. odrediti koji tipovi mrežnog prometa imaju prednost u odnosu na ostale. Ova metoda koristi i tzv. metodu oblikovanja prometa koja se koristi kako bi se provodila kontrola mrežnog prometa. Primjer upotrebe ove metode je *VoIP*, komunikacijsku tehnologiju koja omogućuje prijenos glasovne komunikacije putem internetske mreže. *VoIP* promet ima prednost u odnosu na web-pretraživanje. Prioritiziranje se vrši uzimajući u obzir maksimalnu propusnost i količinu prometa [4].

Kako bi se prilagodile različitim aplikacijama, mreže mogu podržavati različite kategorije zahtjeva za kvalitetom usluge o kojima je potrebno voditi računa, npr. [4]:

1. konstantnu brzinu prijenosa podataka (npr. telefonija),
2. prijenos podataka u realnom vremenu (npr. komprimirana videokonferencija),
3. promjenjivu brzinu prijenosa podataka (npr. gledanje filma na zahtjev),
4. dostupnu brzinu prijenosa podataka (npr. prijenos datoteka).

Konstantna brzina prijenosa podataka omogućuje ujednačenje propusnosti te jednoliko kašnjenje. Promjenjiva brzina pojavljuje se kada je video komprimiran, pri čemu su neki dijelovi videa komprimirani više u odnosu na druge jer slanje dijelova videa s puno detalja zahtijeva slanje više bitova. Filmovi na zahtjev ne šalju se u stvarnom vremenu jer se video pohranjuje na prijemnik prije produkcije, što omogućuje poboljšanje kvalitete usluge [4].

3.2. Razina dostupnosti usluga

Propusnost predstavlja količinu podataka koju je moguće poslati kroz link uspostavljen između dva umrežena čvora u jedinici vremena. Još se naziva i efektivni kapacitet. Izražava efektivnu brzinu prijenosa podataka, a izražava se kao broj prenesenih bitova u jedinici vremena, pri čemu se najčešće radi o vrijednostima izraženima u Mbit/s. Jednako kao i kašnjenje, propusnost se može usporediti s cestovnim prometom. Na slici 3.1. [7] propusnost se može definirati prema broju automobila koji mogu istovremeno voziti cestom u jedinici vremena.



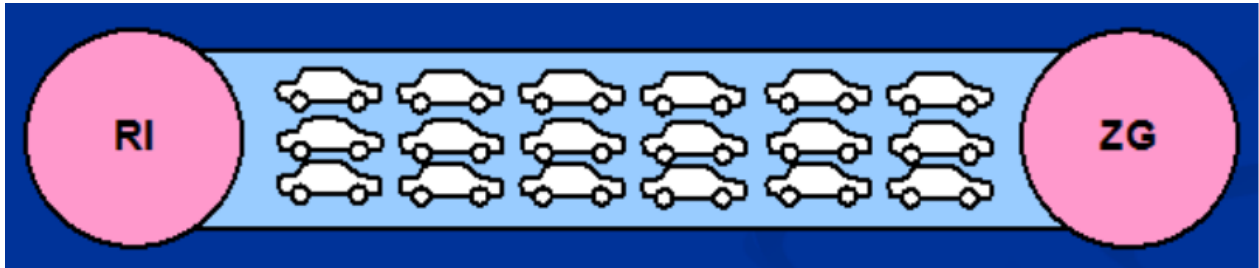
Sl.3.1. Analogija cestovnog i mrežnog prometa u pogledu propusnosti [7]

Kao i u cestovnom prometu, tako se i u komunikacijskom smislu performanse mrežnih poslužitelja mogu poboljšati povećanjem propusnosti, pri čemu se kašnjenje i prometno opterećenje smanjuju.

Propusnost definira kapacitet mreže. Povećanjem propusnosti u mreži smanjuje se kašnjenje. Kroz mreže širokog područja pokrivanja signalom često prolaze velike količine podataka zbog čega preklopnici nisu u mogućnosti odmah obraditi sve pakete. To uzrokuje kašnjenje zbog čekanja na pristup zajedničkom prijenosnom mediju. Kada dođe do zagušenja, radi poboljšanja performansi mreže, odgovarajući protokoli smanjuju intenzitet ubacivanja novih podataka u mrežu. Taj intenzitet također definira protokol [7].

Kroz primjer je moguće promotriti odnos kašnjenja i propusnosti. Vrijednost D_0 predstavlja kašnjenje kada je intenzitet prometa minimalan, odnosno kada ga uopće nema. Ako je U broj u rasponu između 0 i 1 koji govori koliki udio ukupne propusnosti se trenutno koristi, tada se kašnjenje izražava sljedećom formulom: $D = D_0 / (1-U)$. Prema tome, ako u mreži nema opterećenja, stvarno kašnjenje je D_0 . Ako mreža radi na 50% svoje propusnosti, stvarno se kašnjenje poduplava [7]. Kada se promet približno izjednači s kapacitetom mreže, kašnjenje teži

ka beskonačnosti. Odnos između kašnjenja i propusnosti prikazuje količinu podataka koja u istom trenutku može biti prisutna u mreži, a mjeri se u bitovima. U usporedbi s cestovnim prometom, maksimalni broj automobila koji se istovremeno može pojaviti na cesti jednak je umnošku kašnjenja i propusnosti. Na slici 3.2. [7] je prikaz navedene analogije.



Sl.3.2. Analogija cestovnog i mrežnog prometa u pogledu ovisnosti kašnjenja o propusnosti [7]

U slučaju da je komunikacija između pošiljatelja i primatelja odvojena, ovaj će umnožak prikazivati količinu podataka koju pošiljatelj treba generirati i poslati prije nego što prvi bit dođe do primatelja. Ako je riječ o mreži s komutacijom paketa, umnožak predstavlja zahtjev na kapacitet u spremniku usmjerivača. Ako preklopnik nema dovoljan kapacitet za pohranu podataka, može doći do gubitka podataka zbog nedostatka mjesta za pohranjivanje podataka. Taj slučaj pri kojemu preklopnik gubi pakete jer ne postoji slobodno mjesto na koje bi se mogli pohraniti naziva se zagušenjem [7].

3.3. Raspoloživa propusnost

Metoda optimizacije mrežnog opterećenja povećavanjem razine dostupnosti sustava za cilj ima osigurati dogovorenu razinu učinkovitosti sustava, a to je obično vrijeme neprekidnog rada koje je više od prosječnog. Digitalizacija brojnih procesa je potaknula povećanje zahtjeva prema sustavima s visokom dostupnošću. Primjerice, bolnicama i podatkovnim centrima je nužna visoka razina dostupnosti sustava kako bi obavljale rutinske dnevne aktivnosti. Prekidom rada smatra se razdoblje kada sustav nije dostupan.

Na slici 3.3. [1] prikazan je broj zastoja u radu u milijun slučajeva (engl. *Defect per Million*, skr. DPM) u odnosu na dostupnost i broj zastoja po godini. Visoka dostupnost osigurava smanjenje nastanka zastoja u podatkovnom prometu na minimum.

Vrijeme rada produžuje na 99.999%, što predstavlja termin „pet devetki“. Uređaj s takvim performansama bi bio u zastoju samo pet minuta godišnje (365 dana * 24 sata * 60 minuta = 526,600 minuta u godini; uz 0.001% stanki, to je 5 minuta godišnje) [4].

Dostupnost	DPM	Zastoji po godini (24x365)		
99.000%	10000	3 dana	15 sati	36 minuta
99.500%	5000	1 dan	19 sati	48 minuta
99.900%	1000		8 sati	46 minuta
99.950%	500		4 sati	23 minute
99.990%	100			53 minute
99.999%	10			5 minuta
99.9999%	1			30 sekundi

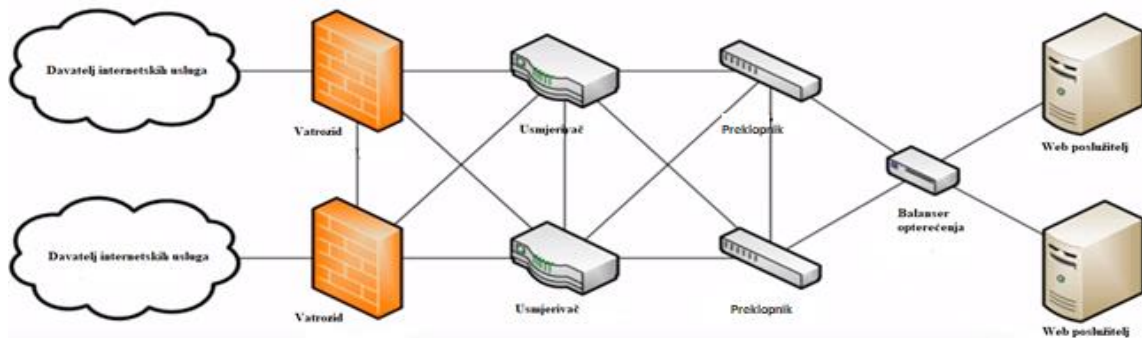
} Visoka dostupnost

Sl.3.3. Ovisnost zastoja i dostupnosti [1]

3.4. Tolerancija na pogreške

Upravo zbog prethodno navedenog vremena unutar kojeg sustav nije raspoloživ, ali i svih duljih neizbježnih zastoja, bilo je potrebno razviti i četvrtu metodu, a to je povećavanje tolerancije na pogreške. Ako je sustav tolerantan na pogreške, to znači da bi u slučaju pogreške ostali procesi nastavili raditi svojim uobičajenim tokom. Na slici 3.4. [4] je prikazana mreža koja obuhvaća pružatelja internetskih usluga, konekcije, vatrozide, usmjerivače, preklopnike i web poslužitelje. Ukoliko se utvrdi da vatrozid iz nekog razloga onemogućava ili usporava komunikaciju, potrebno je nastaviti proces neprekidnog rada mreže te je moguće dodati novi vatrozid. Novi je vatrozid potrebno povezati s prvim kako bi mogli razmjenjivati informacije s davateljem internetskih usluga te s usmjerivačem. Kako bi se osigurao ispravan daljnji tijek od usmjerivača do preklopnika, potrebno je dodati još jedan usmjerivač koji će biti povezan s oba vatrozida i drugim usmjerivačem. Isto tako, dodaje se još jedan preklopnik [4].

Na slici 3.4. [4] prikazan je primjer uobičajene konfiguracije za veće mreže. Uređaj za balansiranje prometnog opterećenja potrebno je povezati sa svakim mrežnim poslužiteljem zasebno, pa nadalje, i sa svakim preklopnikom. Također, moguće je da u mreži bude povezano više različitih davatelja internetskih usluga koji su zasebno povezani s vatrozidom. Osim toga, po potrebi se dodaje još uređaja.



S1.3.4. Uobičajena konfiguracija za veće mreže [4]

3.5. Raspodjela opterećenja

Kako bi se raspodijelilo prometno opterećenje, a samim time obavilo što više zadataka koje računalo mora obaviti, stvorila se potreba za primjenom računalnog klastera ispred kojega se postavlja i jedno računalo čija je namjena balansiranje opterećenja. Raspodjelom opterećenja omogućuje se jednoliko distribuiranje zahtjeva i optimalnije korištenje resursa. Na slici 3.6. [13] prikazan je primjer povezivanja balansera opterećenja s poslužiteljima.

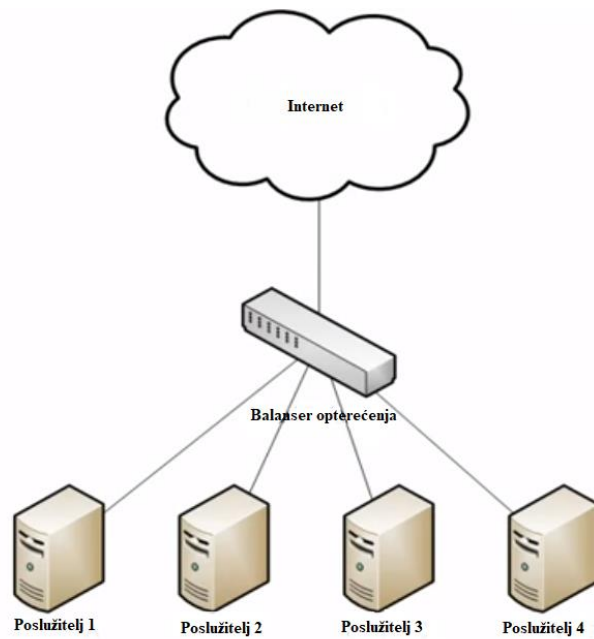
U mnogim je aplikacijama, kao npr. pri kupovini preko Interneta, potrebna je stalna i uspješna konekcija kako bi se izbjegle transakcijske pogreške do kojih ne bi smjelo doći. Pri raspodjeli opterećenja postiže se veća funkcionalnost uspostavljene konekcije. Također je nužan kod aplikacija koje se ubrzano razvijaju.

Ovisno o namjeni sustava, koriste se različiti algoritmi za optimizaciju opterećenja. Neki od algoritama su *Least Connections*, *Round Robin* i *IP Hash* [13].

- *Least Connections* algoritmom se provjerava koji je poslužitelj u danom trenutku povezan s najmanje klijenata. Novi se zahtjev zatim šalje upravo tom poslužitelju.

Provjera se izvršava analizom relativnog računalnog kapaciteta koji određuje koji od poslužitelja ima najmanji broj uspostavljenih konekcija u tom trenutku.

- *Round Robin* algoritam radi na principu sekvencijalnog distribuiranja zahtjeva na grupu poslužitelja.
- *IP Hash* algoritam provjerava IP adresu svakog od klijenata te se ona zatim koristi za određivanje servera koji prima zahtjev [13].



Sl.3.6. Balanser opterećenja povezan s poslužiteljima [13]

4. METODE OPTIMIZACIJE U SIMULIRANIM MREŽNIM SCENARIJIMA

4.1. Simulator *Riverbed Modeler Academic Edition*

Riverbed Modeler ili prethodno *Opnet Modeler Suite* je simulator koji je razvila tvrtka *OPNET Technologies, Inc.* *Opnet* je izvorno razvijen na Institutu za tehnologiju Massachusetts (*Massachusetts Institute of Technology - MIT*). U listopadu 2012. godine *Riverbed Technology* je kupio *Opnet*. To je snažan softver koji nudi široki raspon različitih mogućnosti za simuliranje heterogenih mreža uz različite protokole. *Riverbed Modeler* obuhvaća skup protokola i tehnologija uz sofisticiranu razvojnu okolinu i modelira različite mrežne topologije i tehnologije, uključujući *VoIP*, *TCP16*, *OSPFv317*, *MPLS18*, *IPv619*, itd [8]. *Riverbed Modeler Academic Edition* pruža virtualno mrežno okruženje za modeliranje, analizu i predviđanje performansi IT infrastrukture, uključujući aplikacije, poslužitelje i mrežne tehnologije. Upotpunjava i olakšava podučavanje temeljnih koncepata umrežavanja. Povećava produktivnost mreže za istraživanje i razvoj jer omogućuje razvoj vlastitih komunikacijskih protokola i tehnologija te usporedbu poboljšanja u odnosu na standardizirana rješenja. Softver *Riverbed Modeler* koriste tisuće komercijalnih i javnih organizacija diljem svijeta i više stotina sveučilišta [6]. *Modeler Academic Edition* namijenjen je početnom upoznavanju s konceptima umrežavanja i namijenjen je i za nastavne svrhe. Sadrži alate za sve faze istraživanja, uključujući dizajn modela, simulaciju, prikupljanje podataka i analizu podataka. Virtualno mrežno okruženje omogućuje učinkovitije dijagnosticiranje mrežnih problema, potvrdu promjene prije njihove implementacije i planiranje budućih scenarija. *Riverbed Modeler* eliminira potrebu za stvaranjem stvarnih testnih postavki za dizajniranje i procjenu različitih protokola i algoritama, štedeći time vrijeme i novac [8]. *Riverbed Modeler* u sebi ima ugrađen sustav kojim je moguće analizirati dobivene podatke. Ima ugrađen simulator koji ne omogućuje upravljanje animacijama. Stoga je simulacije potrebno

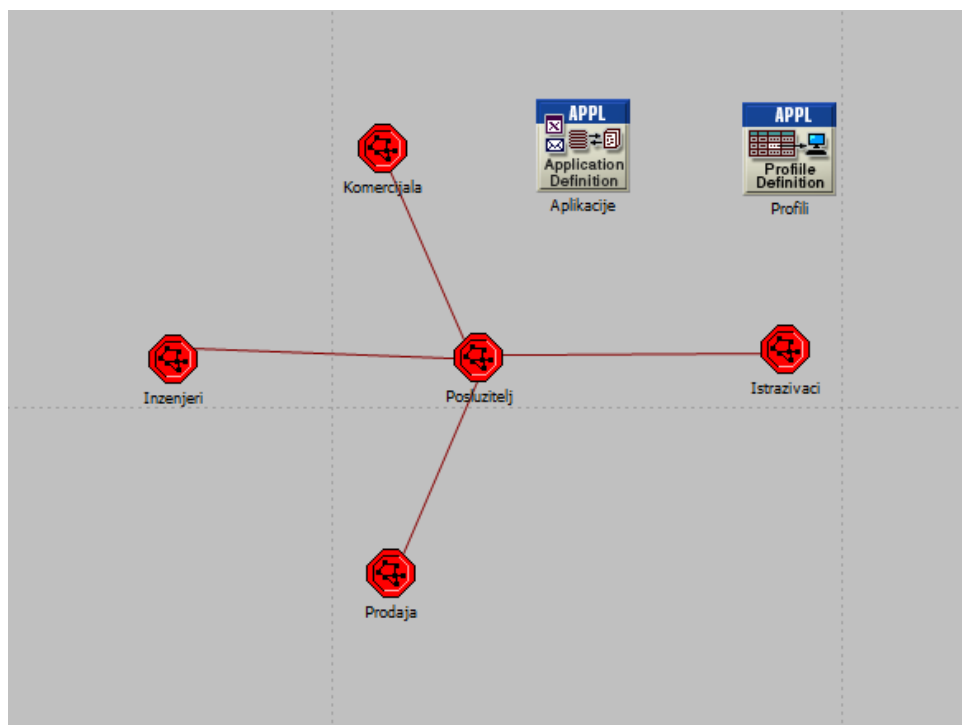
pratiti od samog početka, pa do kraja prema rednim brojevima simuliranih paketa. Ovaj simulator prikazuje kompleksne statističke rezultate za svaki čvor, mrežni sloj i komunikacijski protokol. Za dobivanje rezultata, potrebno je označiti željene statističke parametre i nakon toga pokrenuti simulaciju.

U ovom projektnom zadatku simulirat će se šest različitih scenarija ovisno o definiranim mrežnim zahtjevima.

Cilj svakoga bit će analiza prometnog opterećenja mrežnih poslužitelja te njegovo smanjenje.

4.2. Dizajniranje računalne mreže

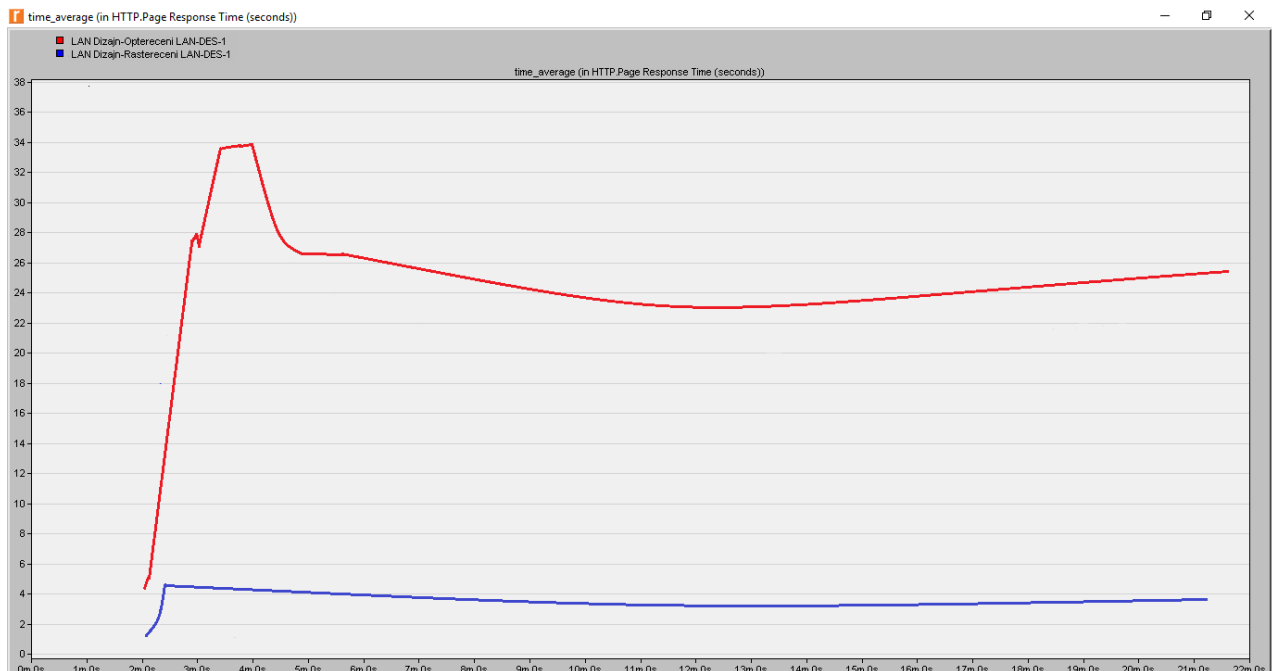
U predlošku za laboratorijsku vježbu „Dizajniranje i optimiziranje mreže računala“ [10], bila je dizajnirana mreža s tri odjela- „Inženjering“, „Komercijala“ i „Istrazivaci“, dok je u praktičnom dijelu ovog rada dodan i četvrti odjel „Prodaja“. Broj radnih stanica za pojedine odjele je izmijenjen, što će biti navedeno u jednom od narednih poglavlja. Unutar svakog odjela je omogućena simulacija radnih karakteristika mreže s velikim brojem klijenata i poslužitelja. Osim toga, definiran je i profil koji će opisivati parametre aplikacije za svaki pojedini odjel.



Sl.4.1. Konfiguracija računalne mreže

4.3. Uklanjanje pozadinskog opterećenja mrežne usluge

U realnim se mrežama osim glavnog prometa vrlo često pojavljuje i dodatni promet koji predstavlja tzv. pozadinsko opterećenje jer produljuje vrijeme odgovora mrežne usluge. Glavni promet i aplikacije su npr. Web-poslužitelj ili klijenti elektroničke pošte. Oni zahtijevaju razmjenu mrežnog prometa s malim kašnjenjem. Primjerice, web poslužitelj zahtijeva malo kašnjenje jer korisnik aktivno i u stvarnom vremenu čeka rezultat upućenog HTTP zahtjeva. Primjer pozadinskih aplikacija su tzv. *peer-to-peer* sustavi dijeljenja datoteka koji ne zahtijevaju toliko brze odgovore na pojedinačne zahtjeve, ali ipak opterećuju poslužitelje i pridonose prometnom opterećenju. U ovom su scenariju uspoređeni opterećeni i rasterećeni LAN. U opterećenom LAN-u definirano je 99%-tno opterećenje 100 Mbps linka s trajanjem simulacije 30 minuta. Kako bi vrijeme odgovora mrežne usluge bilo što kraće, pozadinsko opterećenje potrebno je skratiti, što je i učinjeno u drugom slučaju, u rasterećenom LAN-u. Opterećenje je smanjeno na 10%, pri čemu bi u stvarnim mrežama prednost bila dana glavnom prometu koji zahtijeva malo ili gotovo nikakvo kašnjenje. Ova je promjena primijenjena na sva četiri odjela, tj. linkove između podmreže Poslužitelj i sva četiri odjela.

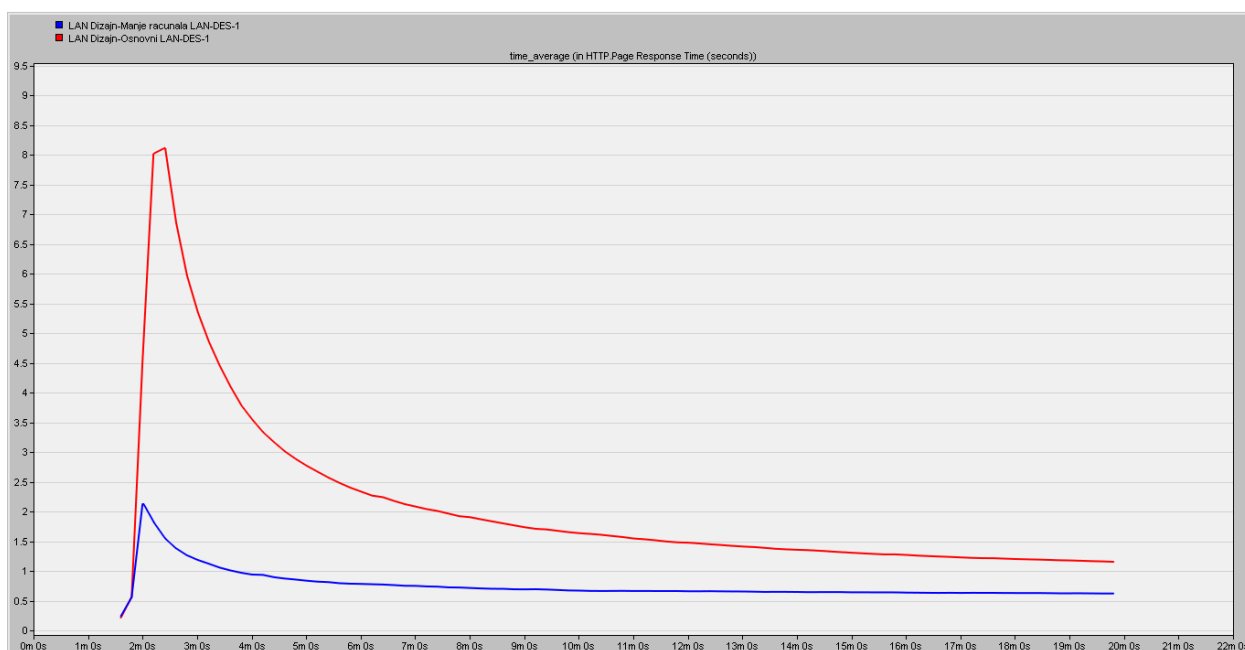


Sl.4.2. Grafički prikaz usporedbe LAN-a opterećenog pozadinskim prometom i rasterećenog od pozadinskog prometa

Na slici 4.2. moguće je uočiti da je razlika u vremenu čekanja na odgovor na zahtjev značajno manja kada se pozadinsko opterećenje ukloni ili smanji. Ovo je jedna od osnovnih metoda za optimizaciju prometnog opterećenja jer u realnim mrežama spontano dolazi do stvaranja velikog broja često nepotrebnog pozadinskog prometa.

4.4. Optimizacija opterećenja linkova promjenom broja računala u mreži

Broj računala u mreži uvelike utječe na vrijeme odziva mrežne usluge. Ovaj scenarij simulirat će promjenu broja računala u mreži, odnosno promjenu broja radnih stanica. Broj korisnika koji intenzivno koriste uslugu će se prepoloviti, a time će se i vrijeme odziva mrežne usluge uvelike smanjiti. Broj radnih stanica različito je podešen u svakom odjelu mreže. U scenariju *Osnovni LAN* broj radnih stanica je sljedeći: 100 za odjel „inženjeri“, 75 za odjel „komercijala“, 50 za „istraživaci“ i 25 za „prodaja“. *Osnovni LAN* uspoređen je sa scenarijom *Manje računala* u kojemu je za odjel „inženjeri“ i „komercijala“ smanjen broj računala na 50.

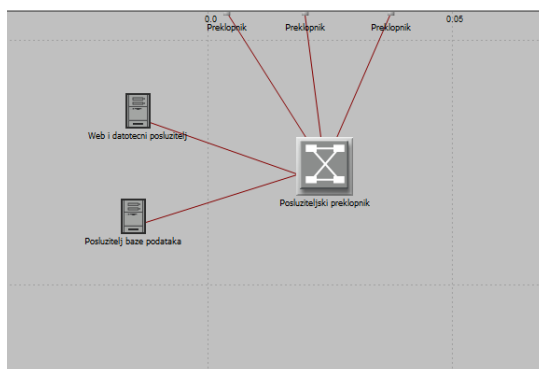


Sl.4.3. Grafički prikaz usporedbe osnovnog LAN-a i LAN-a s manje računala

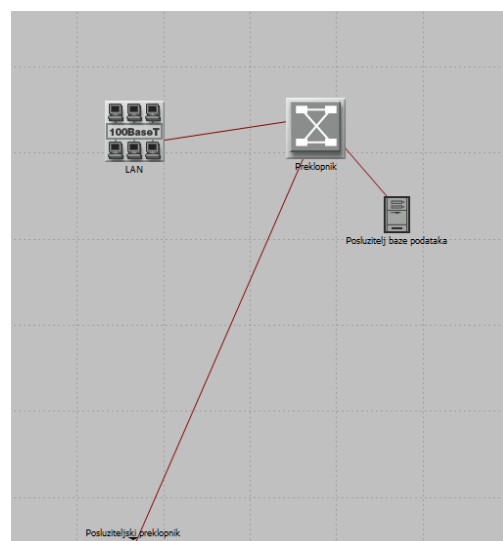
LAN-u sa smanjenim brojem računala znatno su poboljšanje performanse jer samim smanjenjem broja radnih stanica dolazi i do smanjenja količine zahtjeva, čime se odgovor na iste skraćuje.

4.5. Skraćivanje vremena odziva mrežne usluge promjenom smještaja poslužitelja

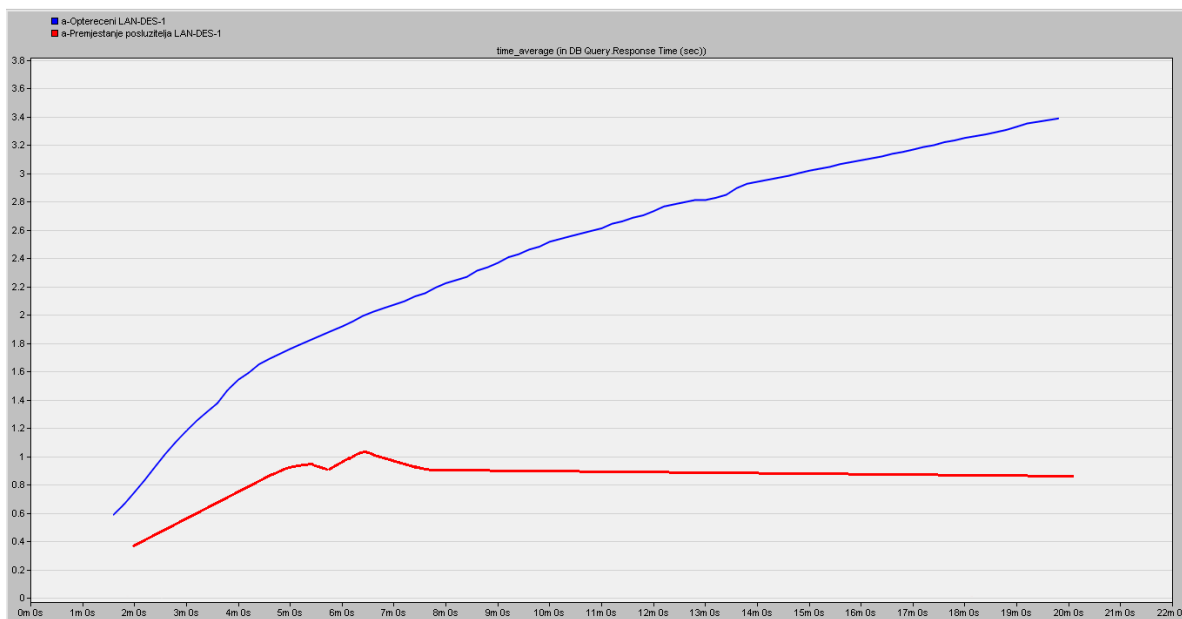
Za dizajniranje računalnih mreža uobičajeno se koristi troslojni hijerarhijski model računalne mreže. Takav se model sastoji od pristupnog, distribucijskog i jezgrenog sloja. U ovom modelu distribucijski sloj predstavlja podmreža *Poslužitelj*, a pristupni podmreža *Prodaja*. U ovom scenariju usluge pristupa poslužitelju koristit će samo podmreža *Prodaja*. Iz podmreže *Poslužitelj* prebačen je poslužitelj baze podataka u podmrežu *Prodaja* jer je samo ona smještena u pristupni sloj LAN-a. Na taj će se način prometno opterećenje optimizirati jer će se navedeni poslužitelj približiti svojim korisnicima. Podmreža *Poslužitelj* ima ulogu povezivanja dijelova računalne mreže, pri čemu je potrebno da primjenjuje sigurnosne mehanizme, dok podmreža *Prodaja* omogućuje korisnicima pristup računalnoj mreži te će se na ovaj način taj pristup dodatno olakšati.



Sl.4.4. Konfiguracija podmreže *Poslužitelj*



Sl.4.5. Konfiguracija podmreže *Prodaja*



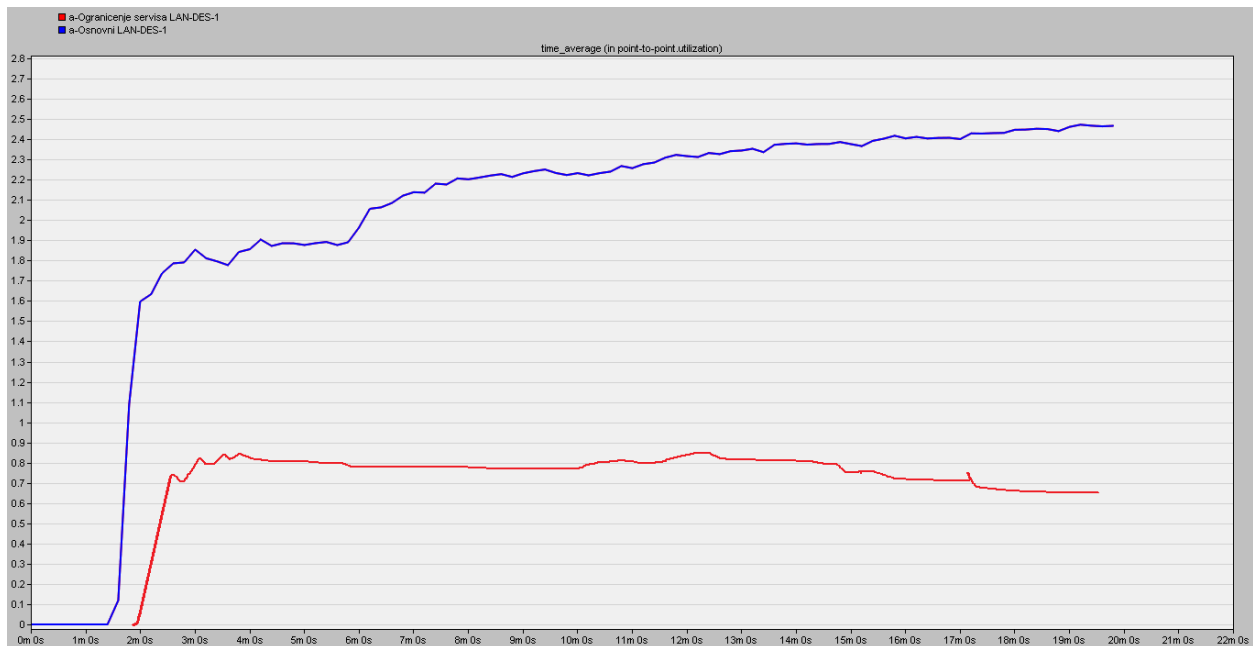
Sl.4.6. Grafički prikaz usporedbe opterećenog LAN-a i LAN-a s razmještenim poslužiteljima u mreži

Nefunkcionalan smještaj poslužitelja nepotrebno produžuje vrijeme odgovora mrežne usluge. Na slici 4.6. vidi se kako je premještanje poslužitelja u pristupni sloj izuzetno učinkovito jer se na taj način poslužitelj približava korisnicima i vrijeme odgovora na zahtjev svodi na minimum.

4.6. Smanjenje opterećenja linkova onemogućavanjem korištenja pojedinih mrežnih usluga

U mrežnom prometu opterećenju linkova često pridonose nepotrebne mrežne usluge koje narušavaju performanse mrežnih poslužitelja. U ovom su modelu u podmrežu *Poslužitelj* dodani web i datotečni poslužitelj te poslužitelj baze podataka. U web i datotečnom poslužitelju definirane su sve mrežne usluge. U ovom ih je slučaju šest, a to su *Web Browsing (Light HTTP 1.1)*; *Web Browsing (Heavy HTTP 1.1)*, *Email (Light)*, *Telnet Session (Light)*, *File Transfer (Light)* i *File Print (Light)* u web i datotečnom poslužitelju te *Database Acces (Light)* u poslužitelju baze podataka. Mnoštvo mrežnih usluga znači i mnoštvo prometnog opterećenja. Kako bi se opterećenje optimiziralo, u ovom će scenariju jedna od mrežnih usluga biti ukinuta, a

to će u realnim mrežama biti ona koja je najmanje korištena ili nije uopće. Za potrebe naše simulacije bit će uklonjena mrežna usluga *Web Browsing (Heavy HTTP 1.1)*.

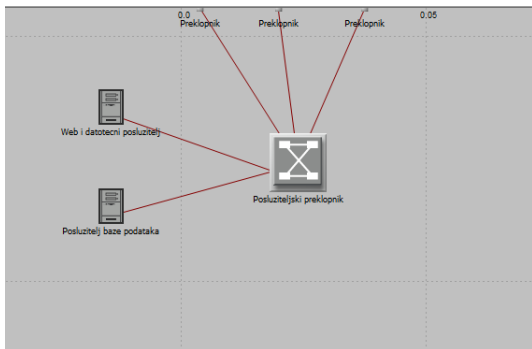


Sl.4.7. Grafički prikaz usporedbe osnovnog LAN-a i LAN-a s ograničenjem servisa

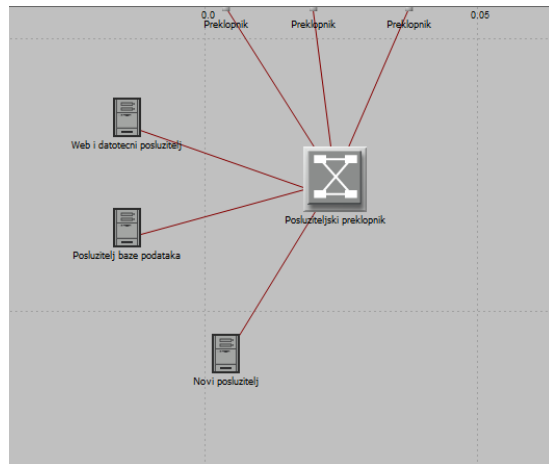
Ovim scenarijem pojedine mrežne usluge su onemogućene. Samim time se mrežni promet za pojedine mrežne usluge filtrirao, što je smanjilo vrijeme čekanja kao odgovor na zahtjev nekoj mrežnoj usluzi.

4.7. Optimizacija prometnog opterećenja poslužitelja promjenom broja poslužitelja i razdvajanjem mrežnih usluga

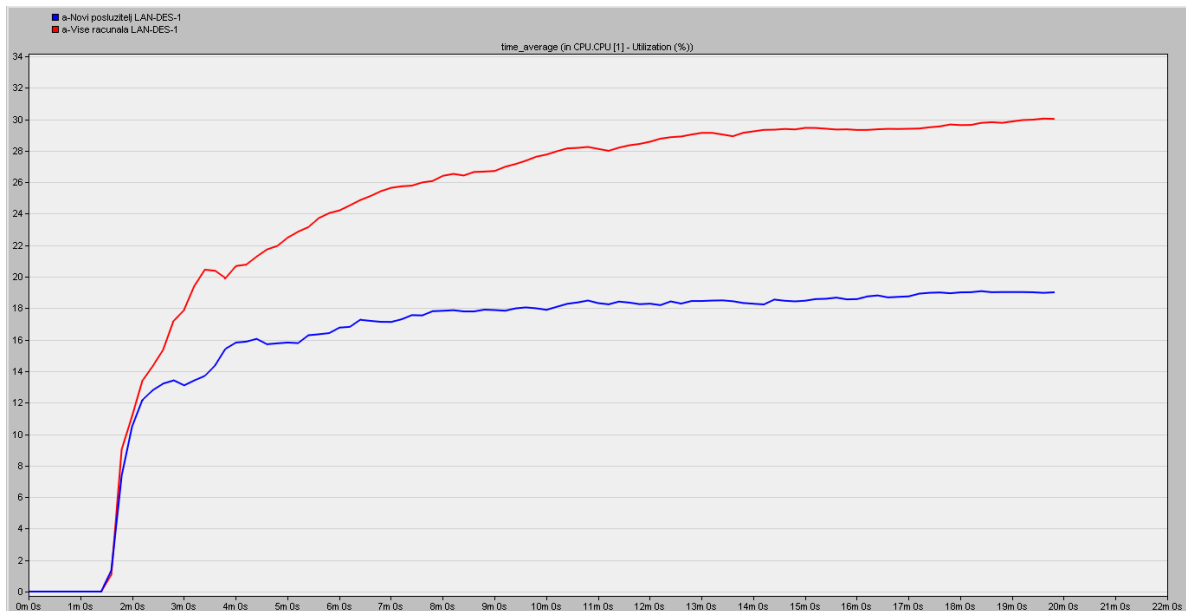
Broj poslužitelja u mreži uvelike utječe na prometno opterećenja poslužitelja jer dovodi do raspodjele opterećenja ako je riječ o dodavanju novih poslužitelja. Najveće potrebe za poslužiteljskim resursima ima odjel s najviše radnih stanica, a to je odjel *Inženjeri*. Na slikama 4.8. i 4.9. prikazano je dodavanje novog poslužitelja u podmrežu *Inženjeri*. Osim toga, iz novog su poslužitelja obrisane sve mrežne usluge. Ovaj scenarij simulira dodavanje novih resursa i premještanje dijela usluga na nove resurse.



Sl. 4.8. Konfiguracija pod mreže *Poslužitelj* prije dodavanja novog poslužitelja



Sl.4.9. Konfiguracija pod mreže *Poslužitelj* nakon dodavanja novog poslužitelja

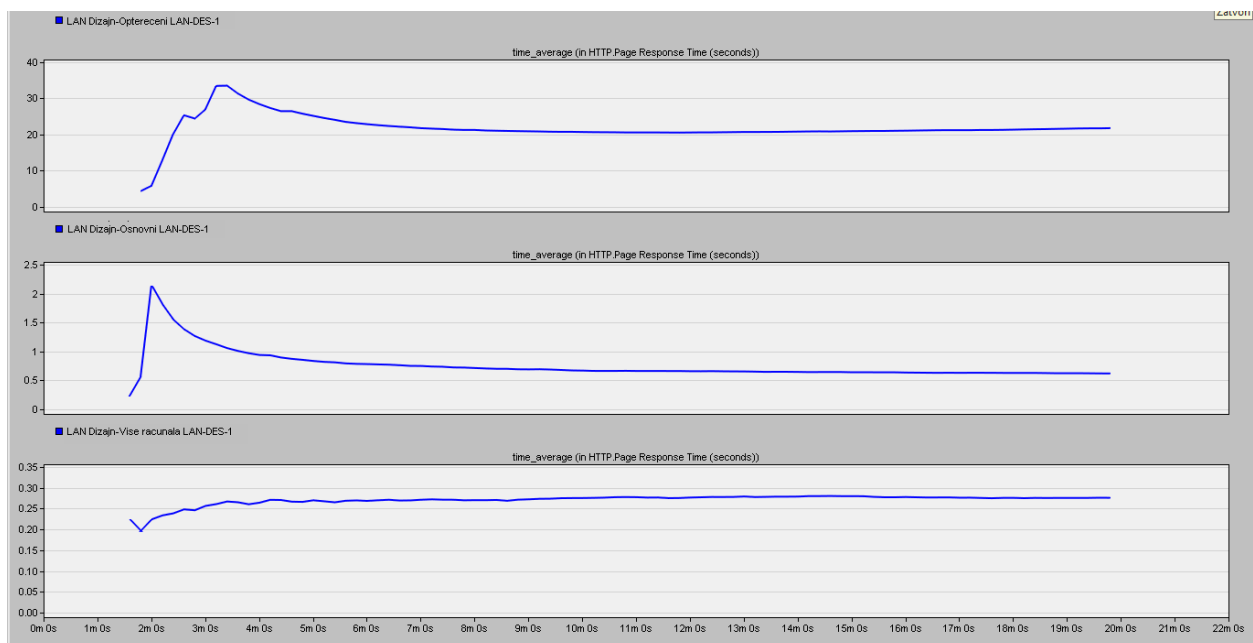


Slika 4.9. Grafički prikaz usporedbe LAN-a s više računala i LAN-a s novim poslužiteljem

Na slici 4.9. vidimo da je dodavanjem novih poslužitelja prometno opterećenje rasterećeno i time je znatno skraćeno vrijeme odgovora na zahtjev. Dio usluge premješten je na nove dodane resurse što je dovelo do optimizacije opterećenja.

4.8. Skraćivanje vremena odziva mrežne usluge promjenom brzine linkova

Eksplozivno rast korisnika Interneta zajedno s rastućim brojem aplikacija kojima se koriste rezultira potrebom za što većom propusnošću. Međutim, konstantno povećanje propusnosti u praksi nije moguće izvoditi u potpunosti, ali ipak je do neke mjere moguće na taj način optimizirati prometno opterećenje poslužitelja. Da bi se riješili mogućeg „uskog grla“ potrebno je kontrolirati mrežni promet, a osim toga odrediti i prioritete prometa za dostupne kapacitete. Propusnost linkova važan je parametar u analizi prometnog opterećenja mrežnih poslužitelja jer znatno utječe na brzinu linkova, a samim time i na vrijeme odgovora mrežne usluge. U ovom scenariju simulirat će se povećanje brzine linkova na okosnici LAN-a i promatrati pozadinsko opterećenje i utjecaj promjene brzine na vrijeme odgovora mrežne usluge.



Slika 4.10. Grafički prikaz usporedbe osnovnog LAN-a, opterećenog LAN-a i LAN-a s većom propusnosti

Promjenom vrste linka sa 100BaseT link na 100BaseX promijenjeni su tako da su tri 100 Mbps linka zamijenjena s 1 Gbps linkovima. Na taj je način povećana propusnost što je omogućilo veću brzinu prijenosa podataka. Na slici 4.10. vidi se da je to rezultiralo smanjenjem potrebnog vremena odgovora mrežne usluge.

5. ZAKLJUČAK

Kako poslužitelji istovremeno dobivaju velike količine zahtjeva i upita od strane korisnika, tako se pojavila potreba da mrežni poslužitelji na što optimalniji i brži način odgovaraju na spomenute upite kako bi svojim korisnicima pružili što brži pristup uslugama. Mnogobrojnim i unaprijeđenim metodama za optimizaciju prometnog opterećenja mrežnih poslužitelja, to je i omogućeno. Još uvijek nije moguće poslati sve podatke u istom trenutku, ali je uz napredak tehnologije omogućeno maksimalno optimiziranje prometnog opterećenja. *Riverbed Modeler* simulatorom predviđaju se i analiziraju performanse IT infrastrukture. Upotrebom navedenog alata dokazano je da je prometno opterećenje moguće optimizirati s nekoliko različitih metoda ovisno o korisnikovim potrebama. Utvrđeno je da je u mrežama često prisutno pozadinsko opterećenje koje je po potrebi moguće ukloniti kako bi se prioritetno opterećenje lakše moglo kontrolirati. Isto tako, prometno je opterećenje lakše kontrolirati ako se poveća broj radnih stanica jer se na taj način bolje raspoređuje promet. Prometno opterećenje može se optimizirati i onemogućavanjem ili razdvajanjem pojedinih mrežnih usluga. Posljednja metoda je bila povećanje propusnosti, odnosno brzine linkova. Navedene su metode i grafički dokazane kao uspješne metode za znatno skraćivanje vremena potrebnog za odgovaranje na korisničke zahtjeve i upite.

6. LITERATURA

- [1] Stallings, W., „Data and Computer Communications“, Eight Edition, Pearson Prentice Hall, NY, 2009.
- [2] Kurose, J. F., Ross, K. W., „Computer Networking“, Fifth Edition, Pearson Addison-Wesley, Ny, 2008.
- [3] Tanenbaum, A.S., „Computer Networks“, Fourth Edition, Prentice Hall, 2003.
- [4] Network performance and optimization, <https://www.youtube.com/watch?v=PJ05MikDtkw>
- [5] Network performance optimization: Methods and rationales,
<https://www.examcollection.com/certification-training/network-plus-network-performance-optimization-methods-and-rationales.html>
- [6] Grgurević I., Vizner V., Miškulin I., Stjepanović K.: A survey of network simulation tools in the function of information and communications networks, ZIRP 2017, Zagreb, 2017.
- [7] L. Grubišić, R. Manger, Mreže Računala, Prirodoslovno matematički fakultet, Zagreb, siječanj 2009. - listopad 2013.
- [8] Riverbed Technology <http://www.riverbed.com/>
- [9] Optimization techniques in communication networks
http://etd.fcla.edu/UF/UFE0022444/zheng_x.pdf
- [10] Dražen Tomić, Drago Žagar, Višnja Križanović, Krešimir Grgić: Mreže računala, laboratorijske vježbe, 7. vježba: Dizajniranje i optimiziranje računalnih mreža, FERIT, Osijek, 2018.
- [11] Gledec, Gordan; Mikuc, Miljenko; Kos, Mladen, 2002.
Sigurnost u privatnim komunikacijskim mrežama, Zagreb: FER. Pristup stranici: 25.svibnja 2016. https://www.fer.unizg.hr/download/repository/Sigurnost_u_privatnim_komunikacijskim_mrezama.pdf
- [12] Fakultet prometnih znanosti, Tehnologija telekomunikacijskog prometa,
Promet u Internet mreži, Doc.dr.sc Štefica Mrvelj, 2009.

http://e-student.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_telekomunikacijskog_prometa/Materijali/10predavanje.pdf

[13] <https://medium.com/@netsylla/secret-holes-behind-the-common-load-balancer-e7f70fcaa353>

[14] Bošnjak, I., Mrvelj, Š.: Tehnologija telekomunikacijskog prometa II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2007.

SAŽETAK

Sve veći broj internetskih korisnika generira iznimno velike količine zahtjeva koji se prosljeđuju prema pojedinim web poslužiteljima u istom trenutku. Zbog toga su poslužitelji pod velikim prometnim opterećenjima koja je nužno optimizirati za njihov optimalan rad. Cilj je da se svi zahtijevani podaci između bilo koja dva krajnja sustava prenesu u što kraćem vremenu bez gubitaka, no taj je cilj u realnim uvjetima često teško dostići. Još uvijek pri obradi mrežnog prometa dolazi do kašnjenja, varijacija kašnjenja i gubitaka paketa. Međutim, postoje mnogobrojne metode koje mogu navedene probleme svesti na minimum i na taj način optimizirati prometno opterećenje mrežnih poslužitelja. Te su metode primjena adekvatnih mehanizama za osiguravanje definiranih razina kvalitete usluga, povećanje propusnosti, visoka dostupnost, tolerancija na pogreške i dodavanje balansera opterećenja. Ovim se metodama maksimalno optimizira prometno opterećenje mrežnih poslužitelja i omogućuje korisnicima nesmetana i ugodna uporaba istih, kao što je dokazano i u ovom radu.

Ključne riječi: kašnjenje, propusnost, gubitak paketa, propagacija, balanser opterećenja

ABSTRACT

An increasing number of Internet users generates extremely large amounts of requests which are forwarded to individual web servers at the same moment. Because of that, servers are under traffic load so it is necessary to optimize this load for its optimal work. The purpose of optimizing of traffic load is that all of requested data between any remote systems is sent in as shortest time as possible and without any packet losses, but this purpose is unreachable under realistic conditions. Delay, jitter and packet loss are still present in a network traffic. However, there are many methods which can reduce these problems and that way optimize traffic load of web servers. These methods are using the properly mechanisms to ensure defined levels of service quality, high availability, defect tolerance and adding the load balancer. These methods optimize a traffic load and enable the users comfortable and non disturbed use of network services.

Key words: delay, latency, packet loss, propagation, quality of service, load balancer

ŽIVOTOPIS

KRISTINA OPAČAK

Rođena 27.3.1998. godine u Stuttgartu, Njemačka. Osnovnu školu „Bogoslav Šulek“ završila je s odličnim uspjehom u Slavonskom Brodu gdje 2012. godine upisuje opću gimnaziju „Matija Mesić“ koju završava 2016. godine, također s odličnim uspjehom.

2016. godine upisuje preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku te se nakon prve godine opredjeljuje za smjer „Komunikacije i informatika“.

Članica je Studentskog zbora od 2018. godine te sudjeluje u različitim fakultetskim aktivnostima i projektima.

