Utvrđivanje kapaciteta spojnica između čvorova za zadane prometne slučajeve i mrežne topologije

Gudiček, Dominik

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:452075

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Dominik Gudiček

UTVRĐIVANJE KAPACITETA SPOJNICA IZMEĐU ČVOROVA ZA ZADANE PROMETNE SLUČAJEVE I MREŽNE TOPOLOGIJE

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

UTVRĐIVANJE KAPACITETA SPOJNICA IZMEĐU ČVOROVA ZA ZADANE PROMETNE SLUČAJEVE I MREŽNE TOPOLOGIJE

DETERMINING NODE-TO-NODE LINK CAPACITY BASED ON DIFFERENT TRAFFIC CASES AND NETWORK TOPOLOGIES

Mentor: doc. dr. sc. Marko Matulin

Student: Dominik Gudiček

JMBAG: 0135241803

Zagreb, srpanj 2019.

UTVRĐIVANJE KAPACITETA SPOJNICA IZMEĐU ČVOROVA ZA ZADANE PROMETNE SLUČAJEVE I MREŽNE TOPOLOGIJE

SAŽETAK

Rad daje pregled značajki različitih mrežnih topologija, uloge spojnica i mrežnih čvorišta te detaljnu analizu utvrđivanja kapaciteta na temelju zadanih prometnih slučajeva i mrežne topologije. Za zadanu mrežnu topologiju u radu su izrađene ulazno – izlazne matrice za svaku od usluga čiji se promet prenosi putem spojnica topologije. Izračunat je prometni tok za svaku od spojnica, te je izračunat kapacitet spojnica. Izračun je korak po korak objašnjen, a rezultati izračuna su izneseni i analizirani.

KLJUČNE RIJEČI: Mrežna topologija, prometni slučajevi, mrežna čvorišta

SUMMARY

This paper provides overview of network topologies characteristics, roles of the network links and network nodes, and a detailed analysis on capacity determination based on default traffic cases and network topology. For the given network topology, input and output matrices were created for each of the services whose traffic is transmitted through topology links. The flow rate for each of the links was calculated and the capacity of the links was calculated. The calculation is step by step explained, and the calculation results are presented and analyzed.

KEYWORDS: Network topology, traffic cases, network nodes

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Značajke višeuslužne mreže 2
2.1 Razvoj i arhitektura višeuslužnih mreža 2
2.2 OSI referentni model 3
2.3 TCP/IP protokolarni složaj 6
2.4 Protokoli u višeuslužnim mrežama 8
2.4.1 *Session Initiation Protocol* 8
2.4.2 *Real-Time Transport Control Protocol* 9
2.4.3 QoS signalizacijski protokoli 10
3. Mrežne topologije i uloga mrežnih čvorišta 11
3.1 Mrežne topologije 11
3.2 Uloga mrežnih čvorišta 15
3.3 Mrežna topologija i mrežni čvorovi korišteni u zadatku 17
4. Podvorbeni modeli korišteni za izračun mjerila izvedbe 18
4.1 Kriteriji za odabir prometnog modela 18
4.1.1 Uzroci dolazaka zahtjeva 18
4.1.2 Blokirani zahtjevi 19
4.2 Prometni modeli 20
5. Analizirani prometni slučajevi i mrežne topologije 22
6. Rezultati analize 29
7. Zaključak 31
LITERATURA 32
KRATICE 34
POPIS SLIKA 36
POPIS TABLICA 36

1. Uvod

Pojavom višeuslužnih mreža omogućilo se prenošenje podataka različitih usluga istovremeno. Kako bi se funkcionalnost mreže što lakše shvatila te kako bi se što brže otklonili bilo kakvi nedostaci mreže napravljeni su OSI (engl. *Open Systems Interconnection Basic Reference Model* - OSI) model te TCP/IP (engl. *Transmission Control Protocol/ Internet Protocol*) protokolarni složaj. OSI model i TCP/IP protokolarni složaj raščlanjeni su na određen broj slojeva gdje svaki sloj ima svoju funkciju.

Telekomunikacijsku mrežu lakše je predočili ako postoje geometrijski razmještaji veza i čvorova, a te se to naziva fizička mrežna topologija. Postoji i logička mrežna topologija koja predstavlja način na koji signal putuje između čvorova mreže.

Cilj ovog rada je prikazati kako unutar određene mrežne topologije za zadane prometne slučajeve utvrditi kapacitet na spojnicama.

Završni rad sastoji se od sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Značajke višeuslužne mreže
3. Mrežne topologije i uloga mrežnih čvorišta
4. Podvorbeni modeli korišteni za izračun mjerila izvedbe
5. Analizirani prometni slučajevi i mrežne topologije
6. Rezultati analize
7. Zaključak

U drugom poglavlju govori se o povijesti i nastanku višeuslužnih mreža. Objašnjeni su OSI referentni model i TCP/IP protokolarni složaj te njihovi slojevi. Navedeni su neki od protokola koji se koriste u višeuslužnim mrežama te su objašnjene njihove glavne značajke. U trećem poglavlju objašnjeni su pojmovi mrežne topologije, mrežnih čvorišta te spojnice. U četvrtom poglavlju govori se o prometnim modelima te kriteriju za odabir prometnog modela. U petom poglavlju analizira se zadani zadatak, te se u šestom poglavlju iznose rezultati analize.

2. Značajke višeuslužne mreže

Višeuslužna mreža (engl. *Multi Service Network* - MSN) može se definirati kao mreža dizajnirana tako da prenosi promet više od jedne vrste aplikacije. Tradicionalni pristup bio je puno skuplji i ne efikasan iz razloga što se za svaku vrstu teleusluga dizajnirala zasebna mreža, dok kod višeuslužnih mreža promet putuje putem iste prijenosne infrastrukture neovisno o prijenosnom mediju. Premda internetski promet može biti prenošen telefonskim sustavima, ti sustavi se ne smatraju višeuslužnom mrežom jer nisu dizajnirani s tim ciljem, [1].

2.1 Razvoj i arhitektura višeuslužnih mreža

Početkom 80-tih godina prošloga stoljeća ATM (engl. *Asynchronous Transfer Mode*) forum i ITU-T (engl. *International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector*) su donijeli niz preporuka s ciljem poboljšanja telekomunikacijske mreže te uklanjanju nedostataka. Rješenja su se bazirala na optici, a nova mreža je nazvana Digitalna mreža integriranih usluga (engl. *Integrated Services for Digital Network* - ISDN). ISDN mreža trebala je omogućiti interoperabilnost više simultanih usluga poput digitalnog prijenosa govora u javnoj komutiranoj telefonskoj mreži (engl. *Public Switched Telephone Network* - PSTN). Zbog novog načina rada mreže bilo je potrebno donijeti i nove ATM standarde za komutaciju, transmisiju i multipleksiranje, [2].

Nakon donošenja navedenih standarda krenulo se s implementacijom ATM jezgrene mreže na kojoj je bio moguć prijenos govornih usluga i prijenos podataka. Od samih početaka mreža je bila zamišljena kao višeuslužna te je trebala omogućiti prijenos multimedijalnih sadržaja. Dizajnirana je za simultani prijenos glasa i videa pomoću komutacije kanala te sinkronizirani prijenos podataka. ATM nije bio zamišljen za prijenos Internet protokol (engl. *Internet Protocol* - IP) datagrama iako je u sebi imao ugrađene mehanizme kvalitete usluge (engl. *Quality of Service* - QoS). S vremenom se uspješno implementirao prijenos IP prometa te se pomoću toga omogućio razvoj lokalne računalne mreže (engl. *Local Area Network* - LAN). Daljnjim razvojem ATM komutacija se sve više zamjenjivala Ethernet-om i proizvodima koji su

se temeljili na IP-u ponajviše zbog njihove cijene i održavanja ali i prevelikog zaglavlja ATM ćelija, [2].

Razvoj nove arhitekture započeo je sedamdesetih godina prošlog stoljeća jer je prilikom povezivanja različite računalne opreme, u kojoj je bio instaliran nekompatibilan software došlo do potrebe za drugačijom odnosno slojevitom arhitekturom, jer je povezivanje zahtijevalo složene prilagodbe. 1977. Godine Međunarodna Organizacija za normizaciju (engl. *International Organization for Standardization - ISO*) je pokrenula razvoj referentnog modela za povezivanje otvorenih sustava kojeg su nazvali Referentni model za otvoreno povezivanje sustava. S obzirom da je OSI referentni model bio „apstraktni“ model, razvijena je i svojevrsna dopuna odnosno skup protokola TCP/IP koji je podržan širokom primjenom, [1].

2.2 OSI referentni model

OSI referentni model, predstavljen 1984. godine, bio je opisni model kojeg je stvorila Međunarodna Organizacija za normizaciju. Ovaj model pružio je proizvođačima skup standarda koji osiguravaju veću kompatibilnost i međufunkcionalnost između različitih mrežnih tehnologija koje su stvorene od velikog broja kompanija diljem svijeta. OSI referentni model je primarni model koji se koristi kao smjernica za mrežne komunikacije. Unatoč tome što postoje i drugi modeli, većina proizvođača mrežne opreme danas se referira upravo prema OSI referentnom modelu, posebice kada žele educirati svoje korisnike na opremi koju nude. OSI referentni model se smatra najboljim alatom za učenje o slanju i primanju podataka putem mreže, [3].

OSI referentni model definira radnje koje se zbivaju na različitim slojevima mreže. Još važnije, OSI referentni model je okosnica koja olakšava razumijevanje kako informacija putuje kroz mrežu. Dodatno, OSI referentni model opisuje kako informacija (ili paketi podataka) putuje od aplikacijskih programa (npr. Excel tablice, Word dokumenti), kroz mrežni medij, pa sve do drugog aplikacijskog programa koji

je smješten na nekom drugom računalu u mreži, čak i ako pošiljatelj i primatelj imaju različite tipove mrežnih medija, [3].

OSI referentni model sastoji se od sedam slojeva:

1. Fizički sloj
2. Podatkovni sloj
3. Mrežni sloj
4. Transportni sloj
5. Sloj sesije
6. Prezentacijski sloj
7. Aplikacijski sloj.

Navedeni slojevi imaju definirana sučelja prema kojima mogu komunicirati samo sa slojevima koji su točno ispod odnosno iznad njih. Na taj način se omogućuje protokolima određenih slojeva neovisnost od ostalih slojeva. Prva tri sloja (fizički, podatkovni i mrežni) nazivaju se mrežnim slojevima te se oni brinu o prijenosu podataka kroz telekomunikacijsku mrežu. Transportni sloj služi kao poveznica između viših i nižih slojeva. Ostala tri sloja (mrežni, podatkovni i aplikacijski) su slojevi koji se tiču odnosno omogućuju interakciju s krajnjim korisnicima kao što je prikazano u tablici 1.

Tablica 1. Razine OSI referentnog modela

OSI Razine		
7	Aplikacijska	Razine koje se tiču korisnika
6	Prezentacijska	
5	Sesijska	
4	Transportna	
3	Mrežna	Razine koje se tiču mreže
2	Podatkovna	
1	Fizička	

Izvor: [4]

Fizički sloj definira električne, mehaničke i funkcionalne specifikacije za aktivaciju, održavanje i deaktivaciju fizičkog linka između krajnjih sustava. Brine se o fizičkim komponentama mreže: prijenosni medij, razina napona i signala, brzinama prijenosa podataka.

Podatkovni sloj osigurava pristup fizičkom mediju, omogućuje pouzdan prijenos podataka preko fizičkog linka, te omogućuje kontrolu toka i kontrolu pogreške. Jedinica informacije na ovoj razini je okvir, a za adresiranje se koristi MAC (engl. *Media Access Control*) adresa.

Mrežni sloj omogućuje usluge povezanosti i odabira najbolje putanje za slanje paketa. Podaci do odredišta mogu putovati različitim putanjama. Mrežni sloj omogućuje s kraja na kraj logičko adresiranje. Način na koji se dostavlja jedinica informacije koja je na ovoj razini paket je princip traženja najboljeg rješenja (engl. *Best effort delivery*), odnosno to znači da se ne vodi računa o pouzdanoj dostavi paketa.

Transportni sloj zadužen je za pouzdan prijenos podataka između uređaja. Ovisno o aplikaciji on otkriva i ispravlja greške u prijenosu ili će kao i mrežni sloj postupit po principu traženja najboljeg rješenja. Jedinica informacije na ovom sloju se naziva segment. Transportni sloj segmentira podatke koji dolaze od strane pošiljatelja i ponovno ih spaja u cjeloviti oblik na strani primatelja.

Sesijski sloj ima zadaću uspostavljanja, upravljanja i prekidanja veze između dva računala, odnosno između dvije aplikacije koje međusobno komuniciraju. Uz to sesijski sloj osigurava kvalitetu usluge te obavještava o greškama unutar sesije, ali i o problemima unutar prezentacijskog i aplikacijskog sloja. Sesijski sloj ima mogućnost praćenja broja bitova poslanih odnosno primljenih od obje strane tijekom jedne sesije.

Prezentacijski sloj omogućuje da podaci koje šalje aplikacijski sloj budu čitljivi na strani primatelja. Brine se o sigurnosti prijenosa podataka na način da podaci kriptirani. Kompresira podatke tako da se mreža što efektivnije iskorištava.

Aplikacijski sloj pruža mrežne usluge aplikacijama i upućuje zahtjev za uslugama prezentacijskog sloja. Aplikacijski sloj je upravo ono što korisnik neke aplikacije vidi kada se njome koristi.

2.3 TCP/IP protokolarni složaj

TCP/IP protokolarni složaj stvoren je 1970-ih godine od strane Ministarstva obrane (engl. *Department od Defense* - DoD) – Američke državne agencije koja je imala namjeru stvoriti mrežu koja će „preživjeti“ sve uvjete. TCP/IP protokolarni složaj specificira način razmjene podataka putem Interneta pružajući komunikaciju od kraja do kraja koja identifiicira načine adresiranja, prijenosa, usmjeravanja te prijema informacija. Osmišljen je kako bi mreže bile pouzdane, uz mogućnosti automatskog oporavka od neuspjeha bilo kojeg uređaja u mreži, [5].

Kao što sam naziv kaže TCP/IP protokolarni složaj nazvan je po svoja dva najvažnija protokola TCP i IP. TCP protokol je spojni, prijenosni protokol koji garantira pouzdanu isporuku podataka od izvorišta do odredišta. On upravlja kako se poruka sastavlja u manje pakete prije slanja i ponovno omogućuje sastavljanje u pravom redoslijedu na odredišnoj adresi. Ovaj protokol je konekcijski orijentiran, što znači da uspostavlja logičku vezu između aplikacija prije slanja podataka. TCP pruža i mogućnost višestrukih istovremenih konekcija prema jednoj aplikaciji na jednom domaćinu (engl. *Host*) od strane više klijenata, gdje su najčešći primjeri za to web ili poslužitelji e-pošte. Glavna odlika ovoga protokola je velika vjerojatnost dostave paketa na odredište jer ne tolerira gubitak paketa zbog svojih zaštitnih mehanizama koji su implementirani u mrežu. Kada paket stigne na odredište, izvorištu se šalje poruka koja potvrđuje isporuku paketa. Ako se u određenom vremenskom periodu ta poruka ne primi paket se ponovno šalje, [6].

Uz TCP za prijenos paketa kroz mrežu se koristi i UDP protokol koji je bezkonekcijski orijentiran te ima veću vjerojatnost gubitka paketa jer nema zaštitne mehanizme. UDP omogućuje slanje kratkih poruka između aplikacija na umreženim računalima. Budući da UDP ne čuva informaciju o stanju veze, nema mogućnost provjere primitka poruke. Iz toga razloga se koristi kada je bitnija brzina i efikasnost od pouzdanosti. Primjer UDP prijenosa je prijenos videozapisa strujanjem uživo.

IP je mrežni protokol za prijenos podataka kojeg koriste izvorišna i odredišna računala za uspostavu podatkovne komunikacije preko računalne mreže. Podatci u IP mreži se šalju u blokovima koji se nazivaju paketi ili datagrami. Specifično je da se prilikom slanja paketa između izvorišta i odredišta unaprijed ne određuje točan put

preko mreže kojim će podaci prijeći. Glavna zadaća IP protokola je adresiranje i usmjeravanje datagrama koji se prenose mrežom. Prijenos podataka kod IP protokola je princip traženja najboljeg rješenja, što znači da nema gotovo nikakve garancije da će poslani paket ili datagram zaista i doći do odredišta nakon što je poslan. Sam paket se u procesu prijenosa može promijeniti, može se promijeniti redoslijed paketa u odnosu na onaj redoslijed kojim su poslani s izvorišta, može se duplicirati ili potpuno izgubiti tijekom prijenosa. Osim toga, IP protokol ima mogućnost fragmentiranja podataka, kao i prijavu greške ako do nje dođe, [6].

TCP/IP protokolarni složaj za razliku od OSI modela sastoji se od četiri sloja:

- Aplikacijski sloj
- Prijenosni sloj
- Internet sloj
- Sloj mrežnog pristupa

Tablica 2 prikazuje usporedbu OSI referentnog modela i TCP/IP protokolarnog složaja.

Tablica 2. Usporedba OSI referentnog modela i TCP/IP protokolarnog složaja

OSI model	TPC/IP protokolarni složaj
Aplikacijski sloj	Aplikacijski sloj
Prezentacijski sloj	
Sesijski sloj	
Transportni sloj	Prijenosni sloj
Mrežni sloj	Internet sloj
Podatkovni sloj	Sloj mrežnog pristupa
Fizički sloj	

Izvor: [5]

2.4 Protokoli u višeuslužnim mrežama

Najvažniji protokoli višeuslužnih mreža koji će u ovom radu biti opisani su:

- *Session Initiation Protocol* (SIP)
- *Real-time Transport Control Protocol* (RTCP)
- *Quality od Service* (QoS) signalizacijski protokoli.

2.4.1 *Session Initiation Protocol*

SIP se definira kao signalizacijski protokol aplikacijskog sloja za uspostavljanje, upravljanje i prekidanje mulitimedijskih sesija preko IP mreže. Definiran je IETF (engl. *Internet Engineering Task Force*) standardom, a prihvaćen je i od *The 3rd Generation Partnership Project* (3GPP) organizacijskog tijela, [7].

SIP protokol sam ne pruža komunikacijske usluge, već umjesto toga definira implementacije SIP značajki koje se mogu koristiti za olakšavanje različitih usluga, te nadopunjuje druge komunikacijske protokole, kao što je protokol za prijenos u stvarnom vremenu (RTP). Implementacija SIP značajki dopušta ugrađivanje dodatnih informacija u SIP poruku, kao što je povezivanje fotografije s informacijama iz imenika kako bi se omogućio ID pozivatelja.

SIP je temeljen na HTTP (engl. *Hypertext Transport Protocol*) transakcijskom modelu zahtjeva i odgovora. SIP se ne koristi za opis obilježja sesije, nego tijelo SIP poruke nosi karakteristike sesije za čiji se opis koristi SDP (engl. *Session Description Protocol*) protokol ili neki drugi protokol razvijen u tu svrhu, [7].

Prema [8] postoji šest različitih vrsta zahtjeva u SIP-u:

1. INVITE - ova metoda pokazuje da je korisnik pozvan na sudjelovanje u nekoj sesiji. Za razgovor između dvije osobe pozivatelj šalje i podatke o vrsti medija koje može primiti kao sve ostale parametre (npr.mrežno odredište). Uspješan odgovor sadržava u svom zaglavlju poruku o vrsti medija koju primatelj želi primati.

2. ACK - potvrđuje da je klijent primio završni odgovor na INVITE zahtjev. Može sadržavati zaglavlje sa svim podacima o vezi, a ako ne sadržava onda se koriste podaci iz INVITE zahtjeva. Ova metoda se koristi samo s INVITE zahtjevom.
3. BYE - klijent koristi BYE za slanje poruke poslužitelju da želi prekinuti komunikaciju.
4. CANCEL - poništava slijedeći zahtjev, ali ne utječe na već izvršene (zahtjev se smatra izvršenim ako je poslužitelj vratio konačni odgovor).
5. OPTIONS - sadrži informacije o mogućnostima poslužitelja, ali ne uspostavlja vezu.
6. REGISTER - prenosi informacije o lokaciji korisnika do SIP poslužitelja

2.4.2 *Real-Time Transport Control Protocol*

RTCP je protokol koji služi za nadzor kvalitete te kontrolu sesije koja se odvija pomoću RTP (engl. *Real-time Transfer Protocola*). RTCP nadgleda pruža li RTP potrebnu kvalitetu usluge, te osigurava povratnu informaciju uporabom izvještaja pošiljatelja (*Sender Report*) i izvještaja primatelja (*Receiver Report)*. Pomoći tih izvještaja RTCP prikuplja statističke podatke kao što su ukupan broj prenesenih RTP paketa, ukupan broj izgubljenih RTP paketa i kašnjenje paketa.

Primarna funkcija RTCP-a je pružanje povratnih informacija o kvaliteti distribucije podataka koje obavlja RTP. Ova funkcija je sastavni dio RTP-ove uloge kao transportnog protokola i povezana je s funkcijama kontrole protoka i kontrole zagušenja mreže. Iako povratne informacije iz RTCP-a ne opisuju gdje se problemi pojavljuju (samo da ih ima), oni se mogu koristiti kao alat za lociranje problema. S informacijama generiranim iz različitih medijskih pristupnika u mreži, RTCP povratne informacije omogućuju administratoru da ocijeni gdje su moguća degradacijska mjesta performanse mreže. RTCP se najčešće koristi kod VoIP usluga, streaminga, te videokonferencija, [9].

2.4.3 QoS signalizacijski protokoli

Dok je SIP namijenjen za upravljanje sesijama u višeuslužnim mrežama, a RTCP osigurava razmjenu podataka niti jedan od njih ne garantiraju QoS za vremenske osjetljive usluge te se moraju oslanjati na postojeće QoS arhitekture radi postizanja tog cilja.

Da bi se omogućio pravi QoS na IP-mreži od kraja do kraja, IETF definirao je dva modela: IntServ (engl. *Integrated services*) i DiffServ (engl. *Differentiated services*). Kod IntServ modela postoji sustav rezervacije resursa koji osigurava kvalitetu usluge za pojedini tok podataka. Mrežni uređaji raspolažu informacijama koji paket pripada kojem toku, te ima li dovoljno raspoloživih resursa da bi se paket primio. Na taj način aplikacije imaju garanciju raspoloživih mrežnih resursa i predvidljivost stanja mreže. Kod DiffServ modela nije potrebna unprijed rezervacija mrežnih resursa iz razloga što arhitektura DiffServ usluga koristi klasificiranje paketa u mali broj klasa. DiffServ je model za određivanje i kontrolu mrežnog prometa po klasama, tako da određene vrste prometa dobiju prednost, na primjer, glasovni promet, koji zahtijeva relativno neprekinuti protok podataka, može imati prednost nad drugim vrstama promet. Napravljen je skup pravila po kojem se paketi šalju,a nazivaju se „ponašanja po skoku“ (engl. *per hop behaviors*) koja paketu daju jedno od 64 mogućih načina prosljeđivanja. , [10].

DiffServ arhitektura predstavlja efikasno rješenje koje osigurava QoS u IP mrežama. Kako bi se optimizirao prijenos podataka dodaju se efikasni TE (engl. *Traffic Engineering*) mehanizmi. MPLS (engl. *Multi Protocol Label Switching*) tehnologija predstavlja način osiguravanja TE funkcionalnosti kao što su rezervacija resursa, tolerancija na pogreške, optimizacija iskorištenosti resursa, [11].

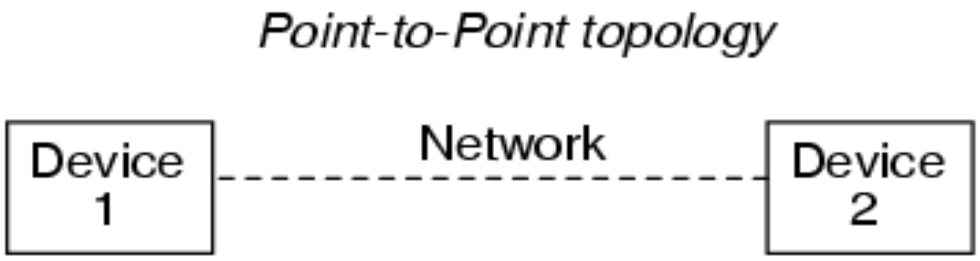
3. Mrežne topologije i uloga mrežnih čvorišta

Pojam topologije mreže označava geometrijski razmještaj veza i čvorova koji čine mrežu. Čvorovi su mjesta u mreži gdje poruka može ući u mrežu, ali također obavljaju i razne funkcije kako bi poruka našla pravo odredište. Vezu (engl. *Link*) označava sredstvo kojim se poruke prenose od jednog čvora do drugog. Postoje fizička i logička veza kroz koje čvorovi međusobno komuniciraju. Fizičku vezu čine stvarni elektromehanički sklopovi između čvorova, dok kod logičke veze ne mora postojati direktna fizička veza kako bi čvorovi komunicirali. Mrežnu topologiju također dijelimo na fizičku i logičku. Fizička mrežna topologija prikazuje način na koji su čvorovi mreže fizički povezani, a logička topologija mreže govori o načinu na koji se prostire signal između čvorova mreže, [12].

3.1 Mrežne topologije

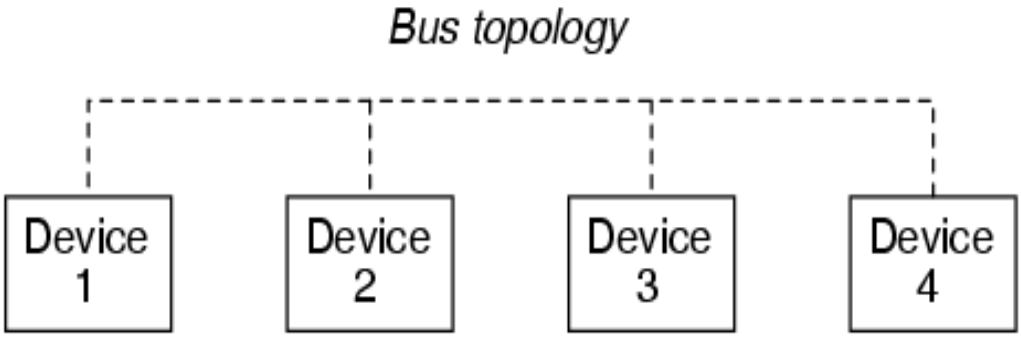
Kod projektiranja računalnih mreža unaprijed se predviđaju moguća proširenja mreže, mreža se dizajnira tako da manja promjena ili rješavanje problema jednog korisnika ne utječe na cijeli sustav.

Point-to-point mrežna topologija se sastoji od dva čvora i veze između njih, kao što je prikazano na slici 1. Veza između čvorova može biti stalna (engl. *permanent*) ili dinamička (engl. *circuit switched, packet switched*). *Circuit switched* je veza kod koje se uspostavlja komunikacijski kanal prije nego što može krenuti razmjena podataka (telefonski poziv). *Packet switched* je veza kod koje se dijelovi podataka pakirani u pakete usmjeravaju preko dijeljenih veza između dva čvora koji komuniciraju. Za povezivanje se može koristiti bilo koji od medija, [12].



Slika 1. Prikaz *Point-to-Point* topologije, [13]

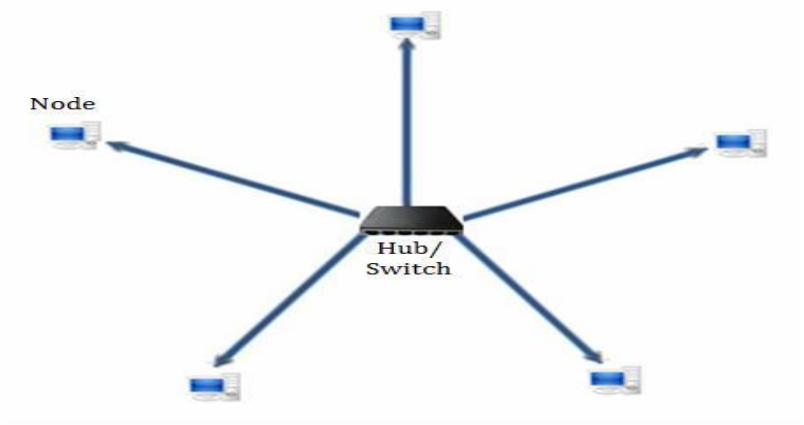
Sabirnička mrežna topologija (engl. *Bus*) se sastoji od centralnog vodiča na koji su spojeni čvorovi koji komuniciraju, kao što prikazuje slika 2. Poruke na sabirnici stižu do svih čvorova koji moraju prepoznati poruke koje su njima upućene. Priključak na sabirnicu je pasivan (nema pojačanja signala), pa je domet sabirnice ograničen snagom odašiljača koji šalje poruku. U ovoj topologiji kvar nekog čvora ne djeluje na ostatak mreže. Prekid na sabirnici dovodi do prestanka u komunikaciji između svih čvorova. Kao medij se koristi koaksijalni kabel, [14].



Slika 2. Prikaz sabirničke topologije, [13]

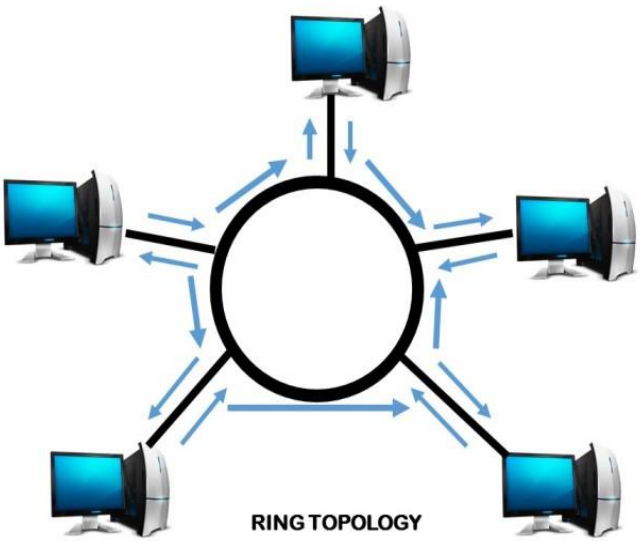
Zvjezdasta mrežna topologija (engl. *star*) se sastoji od središnjeg čvora (koncentratora) na kojega su kablovima direktno spojeni ostali čvorovi na mreži, kao što prikazuje slika 3. Ulogu koncentratora obično imaju *hub* (rijetko) ili *switch* (češće) mrežni elementi. Čvorovi međusobno komuniciraju šaljući podatke kroz *switch*. Ako je koncentrator *hub*, istovremeno mogu komunicirati samo dva čvora. Ako je koncentrator *switch*, istovremeno mogu komunicirati više parova čvorova. Ako

centralni čvor prestane raditi, cijela mreža ne radi. Prekid rada bilo kojeg drugog čvora na mreži, osim centralnog, ne utječe na komunikaciju ostalih čvorova u tom mrežnom segmentu. Ova topologija, sa svojim podvrstama, je najčešći oblik povezivanja unutar lokalnih mreža. Kao medij za povezivanje se koriste različiti tipovi UTP (engl. *Unshielded twisted pair*) kabela, [12].



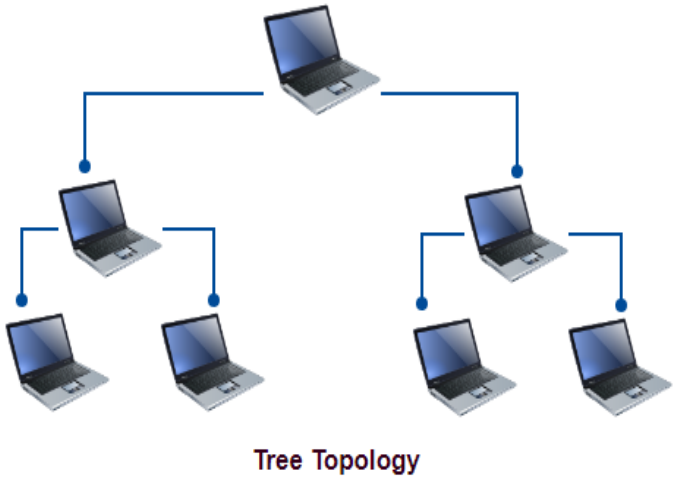
Slika 3. Prikaz zvjezdaste topologije, [15]

Kod prstenaste mrežne topologije (engl. *ring*) čvorovi su povezani pojedinačnim vezama tako da čine zatvorenu prstenastu strukturu, vidljivo na slici 4. Poruka putuje od čvora do čvora dok ne dođe do odredišnog čvora. Svaki čvor mora znati prepoznati poruku koja je njemu namijenjena i proslijediti poruku koja nije njemu namijenjena. Svaki čvor zbog toga ima repetitor koji prima i odašilje poruku. Repetitor mora biti stalno uključen, pa i kad je samo računalo u tom čvoru isključeno, jer poruke moraju slobodno cirkulirati mrežom. Prekid rada repetitora izazvat će prekid rada cijele mreže ili jednog njenog dijela. Repetitori ujedno služe i kao pojačala signala, pa prstenaste mreže mogu pokriti veće udaljenosti nego druge mreže.



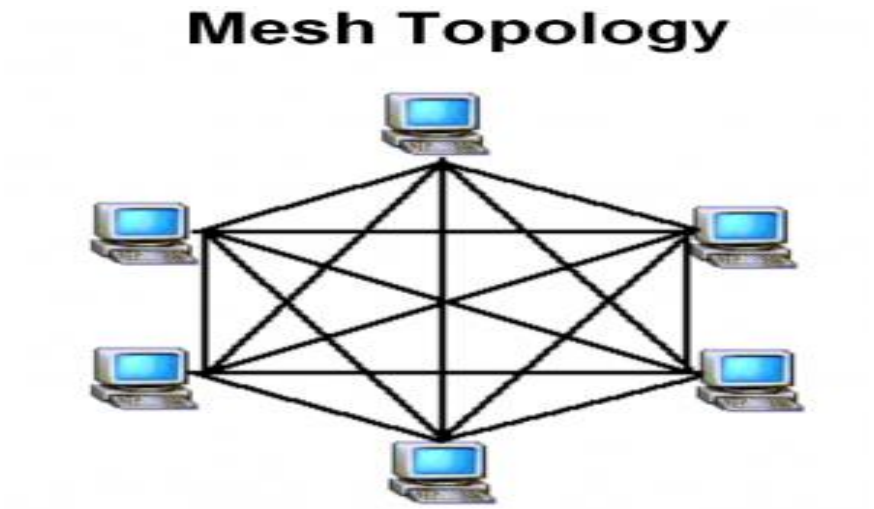
Slika 4. Prikaz prstenaste topologije, [16]

Stablasta mrežna (engl. *tree*) topologija se sastoji od centralnog (engl. *root*) čvora koji je najviši u hijerarhijskom rasporedu čvorova i na njega spojenih čvorova koji se nalaze na sloju niže od njega, kao što prikazuje slika 5. Čvorovi nižeg sloja opet mogu imati na sebe spojene čvorove još nižeg sloja. Da bi neka mreža imala odlike *tree* topologije potrebno je da ima najmanje tri sloja. Ukupan broj *point-to-point* veza između čvorova će biti za jedan manji od broja čvorova. Kao medij se koriste različiti oblici bakrenih i optičkih vodiča, [12].



Slika 5. Prikaz stablaste mrežne topologije, [17]

U isprepletenoj mrežnoj topologiji (engl. *mesh*) uređaji su spojeni s mnogo redudantnih veza među čvorovima. Čvorovi mogu imati direktne veze sa više čvorova, tada se naziva djelomično isprepletana mrežna topologija ili mogu imati veze sa svim ostalim čvorovima u mreži tada se naziva potpuno isprepletena mrežna topologija. Potpuna isprepletana topologija je preskupa i presložena za svakodnevnu primjenu tako da se ona koristi samo na mjestima gdje je krajnje nužna ili gdje nema puno čvorova za povezati. Slika 6 prikazuje isprepletenu mrežnu topologiju.



Slika 6. Prikaz isprepletene mrežne topologije, [18]

3.2 Uloga mrežnih čvorišta

Mrežni čvor se smatra kao bilo koji uređaj spojen na računalnu mrežu koji ima svoju jedinstvenu mrežnu adresu. Ovisno o položaju i funkciji koju imaju u mreži čvorovi se dijele na DTE (engl. *Data Terminal Equipment*) terminalne čvorove koju se nalaze na krajevima komunikacijskih linija, a primjer takvih čvorova su: telefon, printer, računalo. Osim DTE čvorova postoje i DCE (engl. *Data Circuit-Terminal Equipment*) to su čvorovi koji služe za prospajanje, odnosno povezuju ostale terminalne čvorove, primjeri takvih čvorova su: premosnik, hub, prospojnik, usmjernik, [19].

Hub je uređaj sa više portova koji prima signal te ga prosljeđuje na sve izlazne portove. Ostvaruje samo fizičku vezu, nije adresabilan što znači da nema svoju

adresu. Poprilično je jeftin te je lako povezivanje uređaja pomoću huba. Postoje aktivni hubovi koji uz povezivanje uređaja imaju i funkciju ponavljača signala i pasivni hubovi čija je funkcija isključivo samo povezivanje uređaja. Hub ispunjava funkcije podatkovnog sloja OSI modela.

Premosnik (engl. *Bridge*) je uređaj koji povezuje različite segmente mreže. Ispunjava funkcije fizičkog i podatkovnog sloja OSI modela jer šalje pakete temeljem MAC adrese. Glavna funkcija premosnika je da informacije proslijedi prema adresi odredišta. Može sadržavati UTP, STP, Coax i Fiber portove, [20].

Prospojnik (engl. *Switch*) je uređaj koji, kao i hub služi za međusobno povezivanje uređaja. Smatra se "pametnijim" od hub-a jer zaprimljene informacije ne šalje prema svim uređajima koji su spojeni na njega, već isključivo prema pravom odredištu. Prospojnik primarno ispunjava funkcije podatkovnog sloja OSI modela.

Unutarnja arhitektura prospojnika može se podijeliti na :

- Shared bus – svi portovi su povezani jedinstvenom sabirnicom
- Matrix – svi portovi su međusobno povezani point – to – point vezom, još se naziva i crossbar arhitektura, [20].

Usmjernik (engl. *Router*) je mrežni uređaj koji omogućuje povezivanje udaljenih LAN mreža i pruža pristup raznim WAN (engl. *Wide Area Network*) mrežama. Usmjerava informacije na temelju nekoliko kriterija: odredišta, vrste informacija, prioriteta, najbržim, odnosno najkraćim putem, putem najmanjeg kašnjenja. Usmjernik ispunjava funkcije trećeg sloja OSI modela jer analizira IP adrese. Za usmjernik može se reći da uči o statusu ostalih usmjernika u mreži, te i sam komunicira svoj status sa ostalim uređajima.

Pristupnik (engl. *Gateway*) je uređaj koji uz funkcije premosnika i usmjernika obavlja i konverziju protokola sa svih sedam razina OSI referentnog modela. Upravo ta konverzija protokola omogućava interoperabilnost mreža. Pristupnici se najčešće smještaju na rubni dio mreže iz razloga što konverzija traje nešto duže od samog prosljeđivanja informacija, te da se ona obavlja samo kada je uistinu potrebna, [20].

3.3 Mrežna topologija i mrežni čvorovi korišteni u zadatku

Za rješavanje ovog zadatka izabran je stablasti oblik topologije iz razloga što su svi čvorovi spojeni jednom posebnom vezom. Na taj način biti će lakše objasniti način rješavanja i analizirati dobivene rezultate.

Stablasta topologija kao što je navedeno sastoji se od centralnog čvora najvišeg u hijerarhijskom rasporedu te su na njega spojeni čvorovi koju su jednu razinu ispod njega i tako ovisno o tome koliko razina mrežna topologija sadrži. Mrežna topologija korištena kao primjer za rješavanje zadatka sadrži tri sloja kako bi zadatak i rješenje bilo jasno sa dovoljno informacija koje su bitne, bez puno radnji koje se ponavljaju. Čvorovi u topologiji međusobno su spojeni jednom vezom da ne dođe do zabune kojim putem određena informacija putuje od čvora do čvora.

Ulogu prometnih čvorišta u navedenom zadatku imat će prospojnici. Izabrani su prospojnici iz razloga što izvode iste funkcije kao i hub, ali odrađuju i neke zadaće za koje hub nije sposoban. Cijena prospojnika danas više nije tolika da bi se u planiranju mreže izbjegavali.

4. Podvorbeni modeli korišteni za izračun mjerila izvedbe

U zadatku rada napravljena je analiza potrebnog kapaciteta, te kako bi to bilo moguće bilo je potrebno odabrati adekvatan prometni model. U ovom poglavlju objašnjeni su kriteriji odabira prometnog modela i najčešći prometni modeli.

4.1 Kriteriji za odabir prometnog modela

Nakon što su određena koja su mjerenja potrebna, potrebno je odrediti odgovarajući prometni model, a ključni elementi pri njegovu odabiru su: uzorci dolazaka zahtjeva, vrijeme zauzimanja resursa, blokirani zahtjevi, te broj izvora.

4.1.1 Uzroci dolazaka zahtjeva

Prvi korak u odabiru prometnog modela je određivanje međudolaznih vremena zahtjeva. Uzorak dolaznih zahtjeva je bitan u izboru modela jer različiti uzorci imaju drugačiji utjecaj na prometne resurse.

Tri su osnovna uzorka dolazaka:

- Uzorak sa ujednačenim brojem dolazaka zahtjeva
- Uzorak dolazaka zahtjeva s izraženim šiljcima
- Uzorak sa slučajnim dolascima zahtjeva.

Uzorak sa ujednačenim brojem dolazaka zahtjeva pojavljuje se kada nema velikih varijacija u veličini prometa. Za njega vrijedi da su vrijeme zauzimanja resursa i međudolazna vremena predvidljivi i omogućuju da se predvidi promet u bilo kojem slučaju, kada postoji ograničen broj izvora prometa, [21]. Na primjer ako se pretpostavi da se u periodu od jednog sata obavi 30 uzastopnih poziva u trajanju od dvije minute svaki, tada se zna da je kanal bio okupiran za obavljanje poziva.

Uzorak prometa s izraženim šiljcima ima velika odstupanja od prosječne vrijednosti. On prikazuje zašto nije dobro uključivati dane blagdana u proučavanje

prometa. Iz razloga što je u periodu blagdana broj zahtjeva izraženo veći, te se kod dizajniranja mreže ne uzimaju ti podaci jer je u ostatku godine prosječna vrijednost dolazaka zahtjeva poprilično manja.

Uzorak sa slučajnim dolascima je Poissonov proces za koji se međudolazna vremena ravnaju po eksponencijalnoj razdiobi.

4.1.2 Blokirani zahtjevi

Blokirani zahtjev je zahtjev koji nije odmah poslužen. Zahtjevi koji se smatraju blokiranim su zahtjevi koji su preusmjereni na drugu grupu kanala, stavljeni u red na čekanje ili ako dobiju obavijest o zauzeću.

Osnovni tipovi blokiranih zahtjeva su:

- Blokiranje zahtjeva uz zadržavanje
- Blokiranje zahtjeva s odbijanjem
- Blokiranje s čekanjem
- Blokiranje s ponovnim pokušajima.

Kod blokiranja zahtjeva uz zadržavanje blokirani zahtjevi su izgubljeni, ne vraćaju se ponovno u sustav. Ovaj način blokiranih zahtjeva temeljen je na pretpostavci da svi pozivi koji uđu u prometni sustav posluživanja biti će zadržani određeno vrijeme. Ukupno vrijeme provedeno u sustavu neovisno je o vremenu čekanja i određeno je jedino pomoću zahtijevanog prosječnog vremena posluživanja, [22].

Za blokiranje zahtjeva s odbijanjem karakteristično je da u slučaju da novi zahtjev dolazi u sustav u kojem su svi poslužitelji zauzeti na putu od izvorišta do odredišta on biva izgubljen tj. odbijen. Ako je zahtjev odbijen na jednom podsustavu on se može preusmjeriti na drugi podsustav ukoliko takav postoji, [22].

Kod blokiranja s čekanjem blokirani zahtjevi ostaju u sustavu dok resursi ne postanu raspoloživi za posluživanje zahtjeva. Takav način posluživanja uglavnom se primjenjuje u pozivnim centrima i u mrežama s komutacijom paketa. Premda kod sustava koji poslužuju zahtjeve na opisani način može doći i do odustajanja od

čekanja ili do prelijevanja reda pa onda postoji zapravo kombinacija sustava posluživanja s gubicima i čekanjem, [22].

Blokiranje s ponovnim pokušajima je način posluživanja kod kojeg se pretpostavlja da određeni postotak zahtjeva kada naiđe na zauzete poslužitelje ponovno pokušava ostvariti zahtjev ili da svi blokirani zahtjevi pokušavaju ponovno uspostaviti zahtjev sve dok ne budu posluženi, [22].

4.2 Prometni modeli

Nakon analize ulaznog toka i dolazni poziva, te definiranja načina posluživanja u smislu blokiranja, broja izvora zahtjeva, odnosno vrsta izvora i distribucija vremena zauzimanja resursa, ispunjene su pretpostavke za odabir prometnog modela koji opisuje određeno okruženje. Premda ne postoji model koji može egzaktno opisati realne situacije, tim modelima se pretpostavljaju prosjeci u svim situacijama. Postoji mnogo različitih prometnih modela, cilj je naći onaj model koji najbolje odgovara stvarnom okruženju.

Modeli koji se najčešće koriste za izračun vjerojatnosti blokiranja i čekanja su:

- Erlangov B model
- Prošireni Erlangov B model
- Erlangov C model.

Erlangov B model se temelji na nekoliko pretpostavka, prvo broj izvora prometa je neograničen, uzima se uzorak sa slučajnim dolascima poziva, blokirani pozivi se odbijaju, a vrijeme zadržavanja resursa eksponencijalno je distribuirano. Disciplina posluživanja je prvi došao prvi poslužen FIFO (engl. *First in First out*), [22].

Prometne veličine računaju se po modelima čiji izbor ovisi o razdiobama međudolaznih vremena, vremena posluživanja i broju poslužitelja. Pa tako postoji M/M/1 prometni model kod kojeg se pretpostavlja da se međudolazna vremena ravnaju po eksponencijalnom zakonu, duljina paketa se ravna po eksponencijalnom zakonu te na svim spojnicama postoji samo jedan kanal. Uz M/M/1 postoji i M/M/m

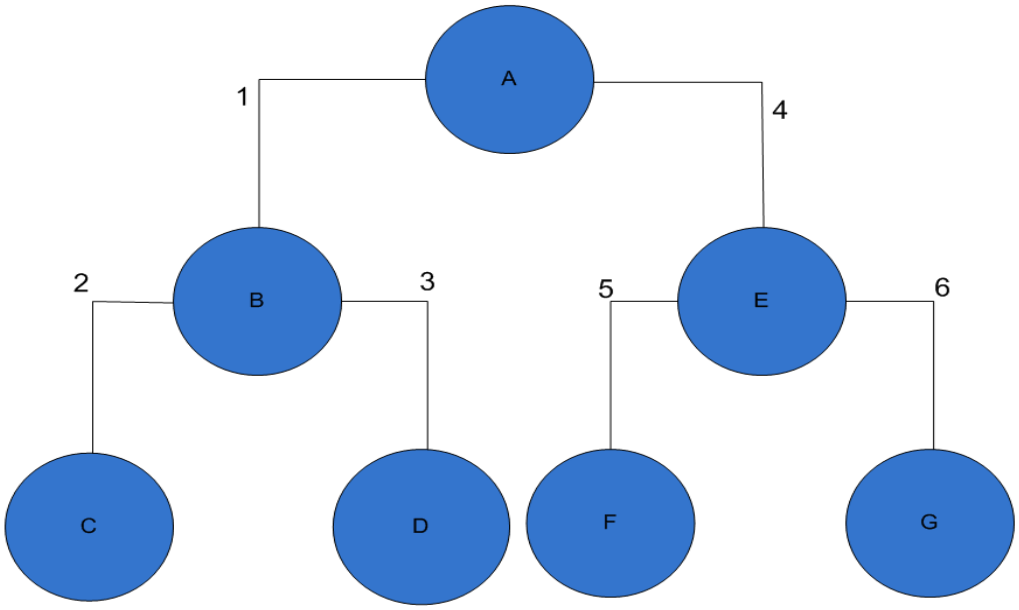
koji se razlikuje samo po broju kanala na spojnicama, kod M/M/m modela broj kanala je jednak m.

Uz M/M/1 i M/M/m modele postoji i M/D/1 prometni model koji će se koristiti u zadatku iz razloga što se kod M/D/1 prometnog modela pretpostavlja da se međudolazna vremena ravnaju po eksponencijalnom zakonu, duljina paketa je fiksna te na svim spojnicama postoji samo jedan kanal.

5. Analizirani prometni slučajevi i mrežne topologije

Cilj ovog rada, a ujedno i ovog poglavlja je prikazati i objasniti kako se na temelju zadanih prometnih slučajeva i mrežne topologije izračuna i odredi dovoljan kapacitet spojnica. U radu su do sad teoretski objašnjeni pojmovi mrežne topologije, mrežnih spojnica i mrežnih čvorova, te prometni slučajevi. U ovom poglavlju je su svi ti pojmovi prikazani na primjeru kako bi se bolje razumjeli.

Za ovaj zadatak izrađena je jedna mrežna topologije te izabrana tri prometna slučaja, odnosno tri vrste usluge kako bi se utvrdilo potreban kapacitet spojnica između čvorova te topologije.



Slika 7. Prikaz izrađene topologije

Slika 7 prikazuje mrežnu topologiju izrađenu za ovaj zadatak. Vidljivo je da se radi o stablastoj mrežnoj topologiji. Usluge čiji podaci putuju spojnicama ove topologije su: govorne usluge, video usluge te podatkovne usluge. Prosječna duljina paketa za sve usluge je fiksna i ona iznosi 1800 bita. Izračun će se raditi po M/D/1 prometnom modelu iz razloga što se pretpostavlja da se međudolazna vremena

ravnaju po eksponencijalnom zakonu, duljina paketa je fiksna te je na svakoj od spojnica po jedan kanal.

Za svaku uslugu kako bi se utvrdio kapacitet izrađena je posebna matrica. Podaci unutar matrica izraženi su u paketima po sekundi.

Tablica 3. Prikaz matrice usluge govora

X	A	B	C	D	E	F	G
A	X	80000	93000	101000	99000	78000	85000
B	79000	X	78000	90000	101000	80000	74000
C	81000	112000	X	74000	96000	79000	90000
D	93000	103000	120000	X	99000	97000	88000
E	105000	100000	96000	83000	X	102000	79000
F	113000	93000	98000	87000	100000	X	99000
G	89000	84000	79000	91000	95000	74000	X

Tablica 4. Prikaz matrice usluge videa

X	A	B	C	D	E	F	G
A	X	251000	236000	200000	291000	305000	255000
B	299000	X	222000	212000	203000	278000	243000
C	269000	287000	X	201000	300000	298000	268000
D	252000	267000	274000	X	270000	285000	265000
E	296000	288000	271000	266000	X	254000	274000
F	243000	221000	291000	257000	239000	X	279000
G	268000	258000	295000	284000	261000	250000	X

Tablica 5. Prikaz matrice usluge podataka

X	A	B	C	D	E	F	G
A	X	42000	61000	54000	49000	56000	68000
B	70000	X	63000	55000	80000	71000	62000
C	64000	57000	X	71000	61000	90000	59000
D	75000	43000	66000	X	67000	70000	72000
E	56000	60000	72000	64000	X	77000	57000
F	78000	61000	70000	53000	59000	X	73000
G	68000	54000	78000	62000	67000	58000	X

Pomoću odlazno – dolaznih matrica moguće je izračunati intenzitet nailazaka zahtjeva za svaku uslugu koja se označava sa λ. Nakon što je izračunat λ za pojedinu spojnicu množeći ga sa prosječnom duljinom paketa dobiva se prometni tok koji se označuje sa Φ. Prosječna duljina paketa označava se sa $\bar{p}$ čija je vrijednost za ovaj zadatak unaprijed izabrana. Mjerna jedinica prosječne duljine paketa je bit.

Prometni tok je potreban kako bi se moglo dobiti kapacitet spojnica. Prometni tok se računa kao umnožak intenziteta nailazaka zahtjeva i prosječne duljine paketa kao što je prikazano formulom 1. Mjerna jedinica prometnog toka je bit po sekundi.

$$\Phi = \lambda * \bar{p} \tag{1}$$

Prometno opterećenje je posljednja stvar koja je potrebna kako bi se mogao izračunati kapacitet spojnica između čvorova. Prometno opterećenje se označuje sa ρ i u ovom slučaju unaprijed je određeno i ono iznosi 0,6 erlanga po kanalu, to vrijedi za svaku spojnicu na topologiji. Prometno opterećenje je u obrnuto proporcionalnoj

vezi sa prometnim tokom što je i vidljivo iz formule 2. Prometno opterećenje uvijek mora biti unutar intervala $[0,1]$ iz razloga što ako bi prometno opterečenje bilo vrijednosti 1 vrijeme kašnjenja koje označavamo sa T_q bi težilo u beskonačnost.

Prometni kapacitet u informacijsko – komunikacijskom prometu može se definirati kao ukupna širina kanala kojim putuju podaci. Mjerna jedinica za kapacitet je bit po sekundi. Kod planiranja mreže važno je znati očekivani promet na nekom dijelu mreže kako bi se moglo odrediti potreban kapacitet spojnica.

Kapacitet se označava sa C, te se računa kao što je prikazano formulom 2.

$$C = \frac{\Phi}{\rho} \qquad (2)$$

gdje je:

C = kapacitet

Φ = prometni tok

ρ = prometno opterećenje

U nastavku rada biti će prikazan izračun kapaciteta spojnica sa najvećim potrebnim kapacitetom (spojnica 4) i najmanjim potrebnim kapacitetom (spojnica 3). Na isti način izračunati su i kapaciteti ostalih spojnica.

Izračun kapaciteta spojnice 4 započinje sa izračunom prometnog toka na način da se iz tablice 3 očitaju podaci koji se odnose za spojnicu 4, a to su svi zahtjevi koji iz čvorova A, E, F i G putuju u čvorove B, C i D. Te svi zahtjevi koji iz čvorova B, C i D putuju u čvorove A, E, F i G. Ti se podaci zbroje te se pomnože sa prosječnom duljinom paketa koja iznosi 1800 bita.

$$\Phi = (89000 + 84000 + 79000 + 91000 + 113000 + 93000 + 98000 + 87000 + 105000 + 100000 + 96000 + 83000 + 99000 + 78000 + 85000 + 101000 + 80000 + 74000 + 96000 + 79000 + 90000 + 99000 + 97000 + 88000) * 1800 = 3931200000 \text{ bita po sekundi}$$

Nakon što se dobije prometni tok, podijeli se sa prometnim opterećenjem za koje je već navedeno da iznosi 0,6 te se dobije kapacitet na spojnici 4 potreban za uslugu govora.

$$C = \frac{3931200000}{0{,}6} = 6552000000 \text{ bita po sekundi, odnosno } 6{,}552 \text{ Gbit/s}$$

Isti postupak ponavlja se i za uslugu video prijenosa samo je bitno da se podaci preuzimaju iz matrica sa podacima za uslugu video prijenosa prikazana tablicom 4.

$$\Phi = (268000 + 258000 + 295000 + 284000 + 243000 + 221000 + 291000 + 257000 + 296000 + 288000 + 271000 + 266000 + 291000 + 305000 + 255000 + 203000 + 278000 + 243000 + 300000 + 298000 + 268000 + 270000 + 285000 + 265000) * 1800 = 11698200000 \text{ bita po sekundi}$$

Nakon što je izračunat prometni tok spojnice 4 za uslugu video prijenosa. Računa se kapacitet spojnice 4 sa podacima za uslugu video prijenosa.

$$C = \frac{11698200000}{0{,}6} = 19497000000 \text{ bita po sekundi, odnosno } 19{,}497 \text{ Gbit/s}$$

Već sada je vidljivo koliko je veći kapacitet kod usluge video prijenosa od kapaciteta usluge govora.

Slijedi izračun prometnog toka spojnice 4 za uslugu prijenosa podataka, čiji se podaci nalaze u tablici 5.

$$\Phi = (49000 + 56000 + 68000 + 80000 + 71000 + 62000 + 61000 + 90000 + 59000 + 67000 + 70000 + 72000 + 56000 + 60000 + 72000 + 64000 + 78000 + 61000 + 70000 + 53000 + 68000 + 54000 + 78000 + 62000) * 1800 = 2845800000 \text{ bita po sekundi}$$

Nakon izračuna prometnog toka spojnice 4 za uslugu prijenosa podataka računa se kapacitet spojnice 4 sa podaci za prijenos podataka.

$$C = \frac{2845800000}{0{,}6} = 4743000000 \text{ bita po sekundi, odnosno } 4{,}743 \text{ Gbit/s}$$

Ukupni kapacitet spojnice 4 računa se na način da se zbroje kapaciteti od svake usluge.

$$C = 6552000000 + 19497000000 + 4743000000 = 30792000000 \text{ bita po sekundi, odnosno } 30{,}792 \text{ Gbit/s}$$

Izračun kapaciteta spojnice 3 radi se na isti način kao kod spojnice 4. Iz tablice 3 preuzimaju se podaci potrebni za spojnicu 3, a to su svi zahtjevi koji putuju iz čvora D prema svim ostalim čvorovima unutar topologije, te također svi zahtjevi iz svih ostalih čvorova prema čvoru D.

Slijedi izračun prometnog toka spojnice 3 za uslugu govora.

$$\Phi = (93000 + 103000 + 120000 + 99000 + 97000 + 88000 + 101000 + 90000 + 74000 + 83000 + 87000 + 91000) * 1800 = 2026800000 \text{ bita po sekundi}$$

Kako bi se izračunao kapacitet spojnice 3 za uslugu govora dobiveni prometni tok dijeli se sa prometnim opterećenjem koje iznosi 0,6.

$$C = \frac{2026800000}{0{,}6} = 3378000000 \text{ bita po sekundi, odnosno } 3{,}378 \text{ Gbit/s}$$

Istim principom računa se prometni tok spojnice 3 i za uslugu video prijenosa, jedino je bitno da se sada podaci preuzimaju iz tablice sa podacima za video prijenos, odnosno tablica 4.

$$\Phi = (252000 + 267000 + 274000 + 270000 + 285000 + 265000 + 200000 + 212000 + 201000 + 266000 + 257000 + 284000) * 1800 = 5459400000 \text{ bita po sekundi}$$

Nakon prometnog toka izračunat je kapacitet spojnice 3 za uslugu video prijenosa.

$$C = \frac{5459400000}{0{,}6} = 9099000000 \text{ bita po sekundi, odnosno } 9{,}099 \text{ Gbit/s}$$

Slijedi izračun prometnog toka spojnice 3 za uslugu prijenosa podataka. Podaci za izračun vidljivi su u tablici 5.

$$\Phi = (75000 + 43000 + 66000 + 70000 + 72000 + 54000 + 55000 + 71000 + 64000 + 53000 + 62000) * 1800 = 1353600000 \text{ bita po sekundi}$$

Nakon prometnog toka prikazan je izračun kapaciteta spojnice 3 za uslugu prijenosa podataka.

$$C = \frac{1353600000}{0{,}6} = 2256000000 \; bita\ po\ sekundi, odnosno\ 2{,}256\ Gbit/s$$

Ukupni kapacitet spojnice 3 računa se tako što se zbroje kapaciteti svih pojedinih usluga.

$$C = 3378000000 + 9099000000 + 2256000000 = 14733000000 \text{ bita po sekundi, odnosno } 14{,}733 \text{ Gbit/s}$$

6. Rezultati analize

Analizirajući ovaj zadatak jasno je vidljivo nekoliko zaključaka. Nakon izvlačenja podataka iz odlazno – dolaznih matrica o intenzitetu nailazaka zahtjeva za svaku od usluga posebno, te množeći ih sa prosječnom duljinom paketa čija je vrijednost bila fiksna i unaprijed određena, dobivena je vrijednost prometnog toka. Kako bi se izračunao kapacitet spojnica potrebna je bila i vrijednost prometnog opterećenja čiju vrijednost je za ovaj zadatak iznosila 0,6 erlanga. Kapacitet pojedine spojnice računat je na način da se prometni tok podijeli sa prometni opterećenjem.

Nakon izračuna kapaciteta svih spojnica topologije za pojedine tipove podataka, vidljiv je zaključak da na hijerarhijski višim spojnicama (spojnica 3 i spojnica 4) prolazi puno veći broj zahtjeva nego na spojnica nižeg hijerarhijskog položaja, što je i logično iz razloga što svih zahtjevi koji kreću iz čvorova nižeg hijerarhijskog položaja osim ako ne putuju u čvorove ispod sebe moraju ići preko čvora koji je viši u hijerarhiji pa tako i spojnicama višeg hijerarhijskog položaja putuju više zahtjeva. Na primjer kada bi se zadana topologija proširila i kada bi se na čvorove C, D, F i G nadodali još neki čvorovi spojnice koje bi te čvorove međusobno spajale bi imale potrebu za najmanjim kapacitetom u topologiji, ali bi u tom slučaju kapacitet postojećih spojnica porastao.

Način izračuna kapaciteta ostalih spojnica topologije čiji izračuni nisu vidljivi u radu računaju se na isti način.

Rezultati kapaciteta spojnica iznose:

- Kapacitet spojnice 1 jednak je 30186000000 bita po sekundi
- Kapacitet spojnice 2 jednak je 15360000000 bita po sekundi
- Kapacitet spojnice 3 jednak je 14733000000 bita po sekundi
- Kapacitet spojnice 4 jednak je 30792000000 bita po sekundi
- Kapacitet spojnice 5 jednak je 15051000000 bita po sekundi
- Kapacitet spojnice 6 jednak je 15015000000 bita po sekundi

Po rezultatima je vidljivo upravo to da su spojnice istog hijerarhijskog položaja rezultatom kapaciteta vrlo slične, te je također jasno vidljivo povećanje kod

kapaciteta spojnica 1 i kapaciteta spojnica 4 koje su na najvišem hijerarhijskom položaju u topologiji.

7. Zaključak

U ovom završnom radu opisane su značajke i razvoj višeuslužnih mreže, te protokoli bitni za njihovu funkcionalnost. Višeuslužne mreže omogućile su razvoj mnogih aplikacija te unaprijedile njihovu funkcionalnost.

Mrežne topologije i mrežna čvorišta teoretski su opisana i objašnjeni su njihovi primjeri. Bez mrežnih topologija mrežno planiranje nije moguće, a mrežna čvorišta su jedna od glavnih dijelova topologije. Ovisno o dijelu mreže, te o očekivanoj funkciji bira se koji čvor ide na određeno mjesto u mreži.

Nakon uvodnog dijela četvrtog poglavlja gdje su prometni modeli bili teoretski opisani izabrani su pojedini prometni modeli koji su dalje korišteni u izračunu zadatka. Zadatak je rješavan korak po korak na način da svi koraci budu razumljivi i pregledni. Izračunati su kapaciteti dviju spojnica, a rezultati ostalih spojnica dani su na kraju rada, zbog analize zadatka.

Kod izračuna kapaciteta spojnica prvi i najvažniji korak je pravilan izbor prometnog modela. Prije samog izbora modela neke ključne informacije moraju biti dostupne odnosno znane kako bi se mogao izabrati model po kojem će se računati određeni parametri. Važno je pravilno izračunati kapacitet spojnica u mreži kako bi podaci mogli što brze putovati kroz mrežu.

LITERATURA

[1] Bošnjak, I.: Tehnologija telekomunikacijskog prometa II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb,2001.

[2] URL: http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=426645 (pristupljeno:kolovoz 2018.)

[3] URL: http://www.phy.pmf.unizg.hr/~dandroic/nastava/ramr/poglavlje_1_2.html (pristupljeno: srpanj 2019.)

[4] URL: http://mreze.layer-x.com/s010100-0.html (pristupljeno: kolovoz 2018.)

[5] URL: https://searchnetworking.techtarget.com/definition/TCP-IP (pristupljeno: kolovoz 2018.)

[6] URL: https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13769-5.html (pristupljeno: kolovoz 2018.)

[7] Handley, M, Jacobson, V, Perkins, C.: „SDP: Session Description Protocol“, Technical Report RFC 4566, IETF, 2006.

[8] Šaban, J.: SIP protokol, Zavod za elektroniku, mikroelektroniku, računalne i inteligentne sustave, Fakultet elektronike i računarstva, Zagreb, 2003.

[9] URL: https://www.sdxcentral.com/term/rtp-control-protocol-rtcp/ (pristupljeno: svibanj 2019.)

[10] URL: https://whatis.techtarget.com/definition/Differentiated-Services-DiffServ-or-DS (pristupljeno: lipanj 2019.)

[11] Baraković, J.: QoS signalizacija u višeuslužnim mrežama sljedeće generacije, Fakultet elektronike i računarstva, Zagreb, 2007

[12] URL: https://sysportal.carnet.hr/node/379 (pristupljeno: kolovoz 2018.)

[13] URL: http://www.ubooks.pub/Books/ON/B0/E77R7385/116MB1397.html (pristupljeno: kolovoz 2018.)

[14] URL: http://mapmf.pmfst.unist.hr/~lada/rm/rm-uvod.pdf (pristupljeno: kolovoz 2018.)

[16] URL: https://www.ianswer4u.com/2011/05/star-topology-advantages-and.html (pristupljeno: kolovoz 2018.)

[16] URL: https://fossbytes.com/what-is-ring-topology-advantages-and-disadvantages-of-ring-topology/ (pristupljeno: kolovoz 2018.)

[17] URL: https://www.safaribooksonline.com/library/view/advanced-infrastructure-penetration/9781788624480/c3b044e4-5227-43e5-b5c9-5368978c520a.xhtml (pristupljeno: kolovoz 2018.)

[18] URL: http://www.theinfozones.com/2015/03/what-is-mesh-topology-and-its.html (pristupljeno: kolovoz 2018.)

[19] URL: https://searchnetworking.techtarget.com/definition/node (pristupljeno: srpanj 2019.)

[20] URL: https://moodle.srce.hr/2017-2018/pluginfile.php/1512448/mod_resource/content/2/7.%20Arhitektura%20lokalnih%20%28LAN%29%20mre%C5%BEa.pdf (pristupljeno: svibanj 2019.)

[21] URL: https://moodle.srce.hr/2017-2018/pluginfile.php/1210633/mod_resource/content/7/teorija%20prometa%201%20i%202%20za%20objavu.pdf (pristupljeno: lipanj 2019.)

[22] URL: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_telekomunikacijskog_prometa_I/Materijali/2_predavanje-vjezbe.pdf (pristupljeno: svibanj 2019.)

KRATICE

MSN - Multi Service Network

ATM - Asynchronous Transfer Mode

ITU-T - International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector

ISDN - Integrated Services for Digital Network

PSTN - Public Switched Telephone Network

IP - Internet Protocol

QoS - Quality of Service

LAN - Local Area Network

ISO - International Organization for Standardization

OSI - Open Systems Interconnection Basic Reference Model

TCP/IP - Transmission Control Protocol/Internet Protocol

MAC - Media Access Control

TCP - Transmission Control Protocol

UDP - User Datagram Protocol

NFS - Network File System

SQL - Structured Query Language

ASP - AppleTalk Session Protocol

FTP - File Transfer Protocol

DoD - Department od Defense

SIP - Session Initiation Protocol

RTCP - Real-time Transport Control Protocol

IETF - Internet Engineering Task Force

3GPP - The 3rd Generation Partnership Project

HTTP - Hypertext Transport Protocol

SDP - Session Description Protocol

IntServ - Integrated services

DiffServ - Differentiated services

TE - Traffic Engineering

MPLS - Multi Protocol Label Switching

RTP - Real-time Transfer Protocola

UTP - Unshielded twisted pair

DTE - Data Terminal Equipment

DCE - Data Circuit-Terminal Equipment

WAN - Wide Area Network

FIFO - . First in First out

Hz -herc

bps - bits per second

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz *Point-to-Point* topologije 12
Slika 2. Prikaz sabirničke topologije 12
Slika 3. Prikaz zvjezdaste topologije 13
Slika 4. Prikaz prstenaste topologije 14
Slika 5. Prikaz stablaste mrežne topologije 14
Slika 6. Prikaz isprepletene mrežne topologije 15
Slika 7. Prikaz izrađene topologije 22

POPIS TABLICA

Tablica 1. Razine OSI referentnog modela 4
Tablica 2. Usporedba OSI referentnog modela i TCP/IP protokolarnog složaja 7
Tablica 3. Prikaz matrice usluge govora 23
Tablica 4. Prikaz matrice usluge videa 23
Tablica 5. Prikaz matrice usluge podataka 24