

# Analiza performansi računalne mreže uporabom Obkio network performance monitor programskog alata

---

Žunić, Saša

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:119:310496>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

**Saša Žunić**

**ANALIZA PERFORMANSI RAČUNALNE MREŽE  
UPORABOM OBKIO NETWORK PERFORMANCE  
MONITOR PROGRAMSKOG ALATA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, rujan 2021.

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**ZAVRŠNI RAD**

**ANALIZA PERFORMANSI RAČUNALNE MREŽE  
UPORABOM OBKIO NETWORK PERFORMANCE MONITOR  
PROGRAMSKOG ALATA**

**COMPUTER NETWORK ANALYSIS USING OBKIO  
NETWORK PERFORMANCE MONITOR**

MENTOR: prof. dr. sc. Zvonko Kavran

STUDENT: Saša Žunić, 0036389502

Zagreb, rujan 2021.

Zagreb, 25. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**  
Predmet: **Računalne mreže**

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 6542

Pristupnik: **Saša Žunić (0036389502)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Analiza performansi računalne mreže uporabom Obkio network performance monitor programskog alata**

### Opis zadatka:

Opisati osnovne elemente računalnih mreža. Na primjeru računalne mreže primjenom programske podrške Obkio network performance monitor analizirati i opisati performanse mreže.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

prof. dr. sc. Zvonko Kavran

# ANALIZA PERFORMANSI RAČUNALNE MREŽE UPORABOM OBKIO NETWORK PERFORMANCE MONITOR PROGRAMSKOG ALATA

## SAŽETAK

Život u vremenu Internet stvari, kada su svi uređaji umreženi i/ili povezani na Internet, a o mreži kojom su povezani ovisi da li će i kako funkcionirati, s pravom može se reći da je kvalitetna i pouzdana mrežna veza bitan faktor za doživljaj usluge koju koristi krajnji korisnik. Iz tog razloga bitno je praćenje mrežnih performansi kako bi se na vrijeme detektirali i uklonili mogući problemi, kao i održavala te po potrebi nadograđivala računalna mreža. Jedan od alata za praćenje i nadzor mreže je Obkio network performance monitor kojim je moguće pratiti rad zadane mreže, te će na temelju dobivenih rezultata biti moguće provesti analizu zadane računalne mreže.

**KLJUČNE RIJEČI:** računalne mreže, mrežne performanse, Obkio, analiza performansi

## COMPUTER NETWORK ANALYSIS USING OBKIO NETWORK PERFORMANCE MONITOR

### SUMMARY

Life in the time of the Internet of Things, when all devices are networked and/or connected to the Internet, and the network they are connected to depends on whether and how it will work, we can rightly say that a quality and reliable network connection is an important factor for good end user experience of the service. For this reason, it is important to monitor network performance in order to detect and eliminate possible problems in a timely manner, as well as to maintain and, if necessary, upgrade the computer network. One of the tools for network monitoring and control is the Obkio network performance monitor, which will monitor the default network, and based on the obtained results, it will be possible to perform an analysis of the default computer network.

**KEYWORDS:** computer networks, network performance, Obkio, performance analysis

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	O računalnim mrežama .....	3
2.1.	Razvoj računalnih mreža .....	3
2.2.	Rad mreže .....	4
2.3.	Slojevita arhitektura računalne mreže (OSI model).....	5
2.3.1.	Viši slojevi OSI modela.....	5
2.3.2.	Niži slojevi OSI modela.....	6
2.4.	Internetska arhitektura (TCP/IP) .....	8
2.4.1.	Usporedba OSI modela s TCP/IP modelom .....	8
2.4.2.	Prijenos podataka od aplikacije do fizičkog medija.....	9
3.	Podjela računalnih mreža i performanse .....	10
3.1.	Podjela računalnih mreža prema elementima .....	10
3.2.	Podjela računalnih mreža prema topologiji .....	10
3.2.1.	Mrežna topologija od točke do točke .....	11
3.2.2.	Zvezdasta mrežna topologija.....	11
3.2.3.	Sabirnička mrežna topologija .....	12
3.2.4.	Prstenasta mrežna topologija .....	13
3.2.5.	Stablasta mrežna topologija .....	15
3.2.6.	Isprepletana mrežna topologija .....	15
3.2.7.	Kombinirana mrežna topologija .....	16
3.3.	Podjela računalnih mreža prema načinu korištenja usluga .....	17
3.4.	Podjela računalnih mreža prema vlasništvu.....	18
3.5.	Podjela računalnih mreža prema obuhvatu područja .....	18
3.5.1.	Personal Area Network.....	19
3.5.2.	Local Area Network .....	19
3.5.3.	Metropolitan Area Network .....	20

3.5.4.	Wide Area Network.....	21
3.6.	Performanse mreža .....	21
3.6.1.	Kašnjenje ili latencija .....	22
3.6.2.	Propusnost .....	22
3.6.3.	Varijacija kašnjenja.....	23
3.6.4.	Bit error rate (BER).....	23
3.6.5.	Umnožak kašnjenja i propusnosti .....	23
4.	Značajke programskog alata Obkio network performance monitor.....	24
4.1.	Agenti.....	24
4.2.	Uređaji .....	26
4.3.	Praćenje mrežnih performansi .....	26
4.4.	Pregled aktualnih problema u radu mrežne opreme .....	26
4.5.	Mjerenje brzine mrežne veze .....	27
5.	Analiza performansi na primjeru kućne računalne mreže.....	28
5.1.	Definiranje agenata uz analizu slučaja praćenja mrežnih performansi između privatnog i javnog agenta.....	28
5.2.	Analiza mrežnih performansi prilikom opterećenja.....	33
5.3.	Analiza slučaja nedostupnosti mrežnog sučelja.....	36
5.4.	Test brzine mrežne veze.....	38
6.	ZAKLJUČAK.....	39
	Literatura .....	40
	POPIS SLIKA .....	42
	POPIS KRATICA.....	43

# 1. UVOD

Život u vremenu kada više nije dovoljno samo posjedovati računalo ili mobilni telefon i činjenica da je od iznimne važnosti biti umrežen i povezan na mrežu svih mreža – Internet, kao i sve prisutnije stvarno-vremenske usluge kao što su prijenos glasa putem Internet protokola (VoIP), video pozivi, usluge strujanja videa, dovodi do spoznaje da su infrastruktura i administracija računalnih mreža vrlo bitan faktor za isporuku pouzdane usluge kao i doživljaj kvalitete isporučene usluge od strane krajnjih korisnika.

U području administracije računalnih mreža nakon postavljanja infrastrukture, pored praćenja ostalih segmenata važno je konfigurirati i praćenje mreže. Kako bi se od pojedinih prijava incidenata vezanih uz usporen rad mreže došlo do pravog uzroka problema, potrebno je kontinuirano praćenje performansi povezanih sustava. Također, preporučuje se postaviti preventivno praćenje svih komponenti prije nego što se problem primijeti u radu produkcijskih sustava od strane korisnika sustava. Osim samih ispada, moguća su i usporenja mreže te je i u tom segmentu nužna pravovremena detekcija. Uz detekciju problema mnogi današnji sustavi nude simulaciju praćenja performansi u svakodnevnim scenarijima rada sustava. Potrebno je i prikupljanje povijesnih podataka oko rada sustava kako bi se mogao bolje analizirati problem, a također i radi proaktivnih upozorenja sustava za praćenje mreže. Stoga je svrha ovog završnog rada upoznati programski alat Obkio network performance monitor, prikupiti podatke o mreži i njenim performansama te iz prikupljenih podataka donijeti zaključak o performansama zadane mreže.

Završni rad podijeljen je u šest tematskih cjelina:

1. Uvod
2. O računalnim mrežama (razvoj, rad mreža, arhitektura)
3. Podjela računalnih mreža, mrežna topologija, performanse mreža
4. Značajke programskog alata Obkio network performance monitor
5. Analiza performansi na primjeru kućne računalne mreže
6. Zaključak

Uvodno poglavlje upoznaje čitatelja s temom, svrhom i ciljem te strukturom završnog rada.



U drugom poglavlju opisuje se razvoj računalnih mreža, arhitektura te kako mreža radi, dok se u trećem poglavlju opisuje podjela, mrežne topologije i općenito performanse računalnih mreža.

U četvrtom poglavlju opisuje se sustav Obkio Network Performance Monitoring Software kojim su obuhvaćene prethodno navedene radnje praćenja performansi mreže, detekcije potencijalnih problema i prikupljanje podataka za naknadnu analizu. Radi se o sustavu za praćenje mreže zasnovanom na agentima koji se postavljaju na raznim točkama infrastrukture. Prati se funkcioniraju li uredno ključni mrežni uređaji - usmjerivači, preklopnici, WiFi pristupne točke i bilo koji uređaji s omogućenim SNMP<sup>1</sup> protokolom. Mjeri se i prati kvaliteta mrežne usluge (eng. *Quality Of Service*) te se proaktivno obavještava administratore. Pored navedenog prikupljeni podaci se šalju u udaljeni sustav (SaaS<sup>2</sup>), gdje se obrađuju, koreliraju s dotad prikupljenim podacima i vrše daljnje analize korištenjem alata dodatnih alata za analizu podataka.

U petom poglavlju analiziraju se prikupljeni podaci praćene mreže te se u šestom (zaključnom) poglavlju iznose spoznaje i zaključak o performansama zadane mreže što je ujedno i cilj ovog rada.

---

<sup>1</sup> SNMP – eng. *Simple Network Management Protocol* - internetski standardni protokol za prikupljanje i organiziranje informacija o upravljanim uređajima na računalnim mrežama

<sup>2</sup> SaaS – eng. *Software as a service* – model distribucije softvera kod kojeg davatelj usluga u oblaku daje usluge poslužitelja aplikacije i čini ju dostupnom krajnjem korisniku putem Internet mreže

## 2. O računalnim mrežama

Računalna mreža je spoj dva ili više računala žičanim ili bežičnim (Wi-Fi<sup>3</sup>) načinom sa svrhom prijenosa, razmjene ili dijeljenja resursa i podataka. Mrežu je moguće izgraditi pomoću hardvera i softvera. Hardver čine usmjerivači (eng. *routers*), preklopnici (eng. *switches*), pristupne točke (eng. *access points*) i kablovi, dok softver čine operacijski sustavi ili poslovne aplikacije. [1]

### 2.1. Razvoj računalnih mreža

Moderno umrežavanje računala krenulo se razvijati sada već davne 1969. godine kada je Agencija za napredne istraživačke projekte, kao dio SAD-ovog Ministarstva obrane, napravilo prvu povezanu računalnu mrežu ARPANET (eng. *Advanced Research Projects Agency Network*). ARPANET je napravio iskorak u komunikaciji korištenjem paketnog prijenosa umjesto izravnih veza. Podaci koji se šalju putem sustava formatirani su u pakete s adresom odredišnog računala. Tako adresirani šalju se u mrežu do slijedećeg uređaja i tako dalje kroz računalnu mrežu dok ne stigne na željeno odredište. Na taj će način informacije stići na željeno odredište iako nema izravne veze između dva računala. Iako je prestala potreba za postojanjem izravnih veza između strojeva za komunikaciju, sustav ARPANET se i dalje oslanjao na telefonske linije. Prvotno je bila mreža s četiri čvora između sveučilišnih računala na Stanfordu, Sveučilišta Utah, Sveučilišta Kalifornija - Los Angeles i Sveučilišta Kalifornija - Santa Barbara, ali se 1972. proširila na 40 računala. [2]

Nadalje, 1973. godine Bob Metcalfe u Xerox PARC-u razvio je Ethernet protokol koji je patentiran tek 1975. godine, a standardiziran je kao IEEE 802.3 tek 1983. godine. Prvi Ethernet sustav kao zajednički medij koristio je koaksijalni kabel te započeo s brzinama od 2,94 Mbit/s. Kasnije s vremenom Ethernet je prešao na upletene parice i optičke kablove što je omogućilo povećanje brzine prijenosa podataka do nekoliko desetaka gigabita u sekundi. Budući da je Ethernet radio na protokolu otvorenog koda, lakše ga je bilo implementirati te je sada relativno sveprisutan i smatra se jednom od glavnih komponenti Interneta kakvog danas poznajemo. [2]

---

<sup>3</sup> Wi-Fi - Wireless Fidelity - označava naziv za bežično povezivanje

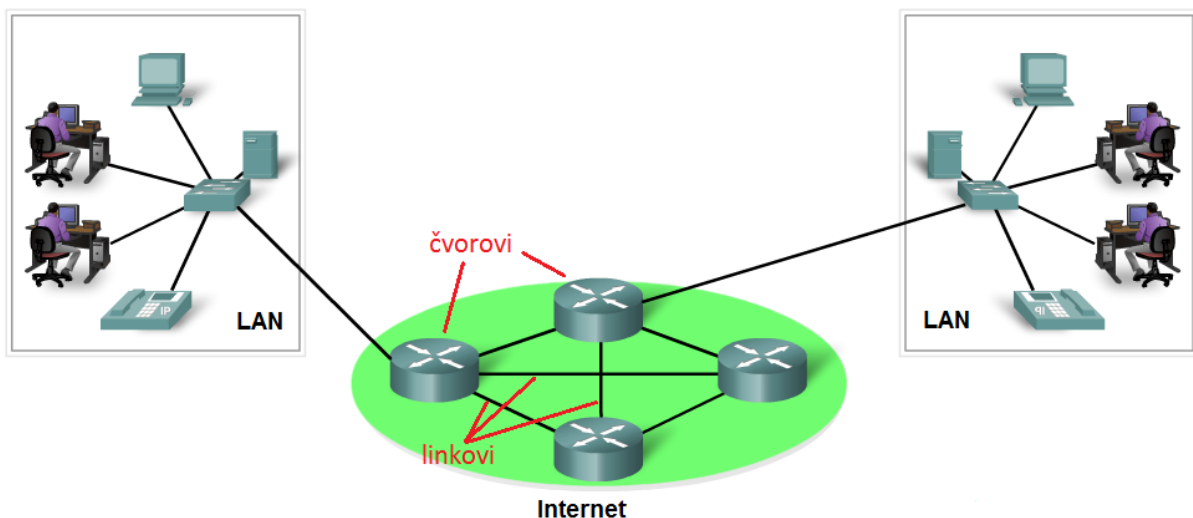
## 2.2. Rad mreže

Podaci na putu od izvora prema odredištu (izvan lokalne mreže) prolaze kroz mrežu komutacijskih čvorova. Njihova osnovna svrha je da u mreži obavljaju funkciju komutiranja informacija, tj. da se informacija prenese od čvora do čvora te na kraju do točno određenog odredišta. Strukturu mreže sačinjavaju tri elementa:

- čvorovi (eng. *network nodes*),
- grane (linkovi - eng. *links*) i
- krajnji uređaji (eng. *hosts*) koji predstavljaju korisnike mreže.

Krajnji uređaji se pomoću linkova povezuju sa čvorovima koji su pak međusobno povezani prijenosnim linkovima u mrežu određene topologije. Skupina takvih komunikacijskih čvorova naziva se komunikacijska mreža. [3] Zaključak iz navedenog je da se mreža koja prenosi podatke od izvora do odredišta koristeći mehanizme komutiranja zove komutirana komunikacijska mreža.

Slika 1 prikazuje primjer komutirane komunikacijske mreže.



Slika 1 – Komutirana komunikacijska mreža [4]

Glavna obilježja linka su njegova duljina, brzina prijenosa podataka linkom i učestalost pogreške na linku (BER – eng. *Bit Error Ratio*), dok čvorove obilježavaju linijske brzine prijenosa na portovima, broj ulaznih i izlaznih priključaka, kašnjenje podataka od ulaza u čvor do izlaza iz čvora i propusnost čvora (tj. ukupna količina podataka koju čvor može preusmjeriti u jedinici vremena s nekog od ulaznih do nekog od izlaznih priključaka). [3]

## 2.3. Slojevita arhitektura računalne mreže (OSI model)

U počecima razvoja računalnih mreža koristili su se različiti standardi i mrežna oprema te je to dovodilo do problema u širenju i povezivanju različitih mreža. Da bi se tome doskočilo uvedena su pravila komunikacije u obliku protokola slojevite arhitekture prema kojima će se odvijati komunikacija u mreži. Prema referentnom modelu OSI (*Open System Interconnection Reference Model*), definiranom i prihvaćenom od strane svjetske standardizacijske organizacije ISO<sup>4</sup>, kao ISO-norma dokumentom ISO 7948, te kao preporuka CCITT (ITU-T)<sup>5</sup> X.200 na Plenarnoj sjednici CCITT u listopadu 1984. godine, svaki otvoreni sustav moguće je opisati pomoću skupa slojeva poredanih po vertikali, od najnižeg prema najvišem, gdje svaki sloj djeluje samo prema slojevima u protokolarnom složaju smještenim iznad i ispod tog sloja. Time je omogućena interoperabilnost računalnih mreža i mrežne opreme. [5]

Referentni model OSI sastoji se od sedam slojeva. To su: (od višeg prema nižem)

- aplikacijski sloj,
- prezentacijski sloj,
- sloj sesije,
- transportni sloj,
- mrežni sloj,
- sloj podatkovnog linka,
- fizički sloj. [3]

### 2.3.1. Viši slojevi OSI modela

Sloj sesije, prezentacijski sloj te najviši, aplikacijski sloj spadaju u više slojeve OSI modela i zovu se aplikacijski slojevi. Uloga im je opisivanje procesa komunikacije korisnik-računalo i proces komunikacije aplikacija međusobno (kao krajnjim točkama). Aplikacije kao web preglednici, e-mail klijenti objedinjuju funkcionalnosti aplikacijskog, prezentacijskog i sesijskog sloja.

**Aplikacijski sloj** (eng. *application layer*) pruža korisničkim aplikacijama mrežne usluge kao što su prijenos datoteka, e-pošta i druge usluge mrežnih aplikacija. Od

---

<sup>4</sup> *International Organization for Standardization* – Međunarodna organizacija za standardizaciju

<sup>5</sup> CCITT (ITU-T) - *Consultative Committee for International Telephony and Telegraphy* – danas *International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector* – Međunarodna telekomunikacijska zajednica – sektor standardizacije telekomunikacija

ostalim se slojeva OSI modela razlikuje po tome što ne pruža usluge drugim slojevima, nego samo aplikacijama izvan OSI modela. Pruža korisniku prvi korak prijenosa podataka na mrežu. Primjeri protokola na aplikacijskom sloju su HTTP, SMTP, FTP, Telnet, POP3, IMAP, DNS. [3]

**Prezentacijski sloj** (eng. *presentation layer*) aplikacijskim procesima pruža neovisnost o razlikama u načinu prikaza podataka, tj. brine da podaci koje pošalje aplikacijski sloj jednog sustava bude čitljiv na aplikacijskom sloju odredišnog sustava. Najjednostavnije rečeno, prezentacijski sloj prikazuje podatke korisniku na ispravan način u ispravnom formatu. [3]

**Sloj sesije** (eng. *session layer*) osigurava mehanizme za komunikaciju između aplikacija. Pojednostavljeno, on upravlja, uspostavlja i raskida veze između aplikacija koje međusobno komuniciraju. [3] Osim upravljanja kontrolom veze, nudi osiguranje efikasnog prijenosa podataka, kvalitetu usluge te obavijesti o problemima unutar sesijskog, prezentacijskog i aplikacijskog sloja. Primjeri protokola unutar sloja sesije su PPTP (eng. *Point-to-Point Tunneling Protocol*), H.245, i ASP (eng. *AppleTalk Session Protocol*). [6]

### 2.3.2. Niži slojevi OSI modela

Donja četiri sloja OSI modela (transportni, mrežni, sloj podatkovnog linka i fizički sloj) nazivaju se nižim slojevima, tiču se mreže i definiraju kako se prenose informacije od jednog do drugog korisnika.

**Transportni sloj** (eng. *transport layer*) OSI modela omogućuje transparentan i pouzdan prijenos podataka između krajnjih komunikacijskih točaka putem kontrole toka. Također, zadaća mu je i oporavak sustava od pogrešaka (eng. *error recovery*), kao i upravljanje tokovima s kraja na kraj (eng. *end to end flow control*). [3] Transportni sloj zadužen je za segmentaciju podataka na strani pošiljatelja, dok na strani primatelja brine o ponovnom spajanju segmenata u cjelovite podatke. To znači da transportni sloj može pratiti da li su segmenti uspješno primljeni te ukoliko nisu, ponovno šalje one segmente za koje ne dobije potvrdu uspješnog prijenosa podataka. U slučaju potvrde uspješne isporuke na strani primaoca šalje sljedeće segmente. Tipični primjeri transportnog sloja su *Transmission Control Protocol* (TCP) i *User Datagram Protocol* (UDP). [7]

**Mrežni sloj** (eng. *network layer*) višim slojevima OSI modela pruža neovisnost o tehnologiji prijenosa i komutiranja podataka. Jedinica informacije na ovoj razini je paket. [3] Osigurava funkcionalna i proceduralna sredstva za prijenos paketa, tj. nizova podataka promjenjive duljine s izvornog računala na jednoj mreži na odredišno računalo na drugoj mreži, uz stalnu kvalitetu usluge koju zahtijeva transportni sloj (za razliku od sloja podatkovne veze koji povezuje računala unutar iste mreže). Obavlja funkcije usmjeravanja mreže, a može izvesti fragmentaciju i ponovno sastavljanje paketa te prijaviti pogreške pri isporuci.

Na mrežnom sloju rade usmjernici (eng. *router*) na način da šalju podatke po cijeloj proširenoj mreži i time čine Internet mogućim. Brojni protokoli za upravljanje pripadaju mrežnom sloju, uključujući protokole usmjeravanja, upravljanje višesmjernim slanjem grupi (eng. *multicast*), informacije i greške o mrežnom sloju i dodjeljivanje adresa na mrežnom sloju. [8]

**Sloj podatkovne veze** (eng. *data link layer*) omogućuje pouzdan prijenos informacija fizičkom granom (eng. *link*). On omogućuje gornjim slojevima da pristupe fizičkom mediju tehnikama kao što je uokvirivanje (eng. *framing*), kontrolira kako se podaci šalju na medij i primaju s medija koristeći tehnike kontrole pristupa mediju i detekcije pogreške. [3] Kontrola pristupa mediju osigurava pristup fizičkom sloju što mu je i primarna funkcija dok kontrola logičke veze LLC (eng. *Logical Link Control*) osigurava kontrolu grešaka i komunicira s mrežnim slojem radi osiguranja konekcijske ili beskoneksijske veze. Za razliku od adresiranja paketa na mrežnom sloju, na sloju podatkovne veze okviri nastali enkapsulacijom podataka koji se šalju na fizički medij adresiraju se fizičkim adresama (kako pošiljaoca tako i primaoca) poznatijom kao MAC (eng. *Media Access Control*) adresa. Uz adresne podatke šalju se i upravljačke informacije kao što su informacije o tipu okvira i usmjeravanje informacije vezane za segmentaciju. [5]

**Fizički sloj** (eng. *physical layer*) je najniži sloj OSI modela i bavi se prijenosom nestrukturiranog slijeda bita kroz fizički medij. Obuhvaća mehaničke, električne, funkcijske i proceduralne karakteristike sučelja za pristup fizičkom mediju kao što su bakrene parice, optička vlakna ili bežični prijenos radio valovima. Fizički medij, kao i njegove karakteristike (poput napona, vremena promijene napona, maksimalne duljine prijenosnog medija, krajnjih priključaka) nisu dio samog fizičkog sloja OSI modela. [3]

## 2.4. Internetska arhitektura (TCP/IP)

Povijesno gledano, Internetska arhitektura je nasljednica arhitekture istraživačke mreže razvijene pod pokroviteljstvom Ministarstva obrane SAD-a 70-ih godina prošlog stoljeća, već spomenutog ARPANET-a.

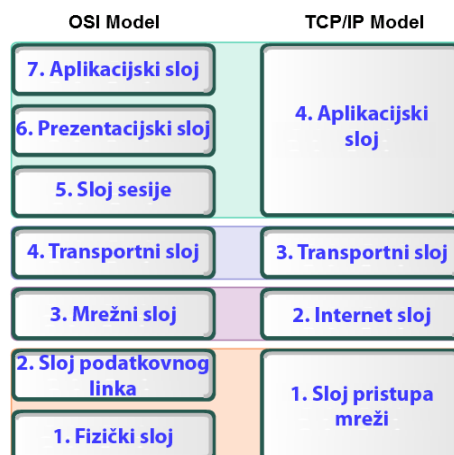
Internetska arhitektura opisuje se pomoću referentnog modela koji pruža apstraktni pogled na mrežnu arhitekturu, koristeći slojeviti prikaz u kojem svaki sloj koristi usluge nižih slojeva i pruža usluge višim slojevima isto kao i kod OSI modela. Za opis se koristi internetski model (poznatiji kao TCP/IP model) koji se sastoji od četiri sloja:

- aplikacijskog sloja,
- transportnog sloja,
- mrežnog (Internet) sloja,
- sloja pristupa mediju (fizički sloj). [3]

Zadaće po slojevima se odvijaju isto kao i kod OSI modela, samo raščlanjeno u četiri sloja.

### 2.4.1. Usporedba OSI modela s TCP/IP modelom

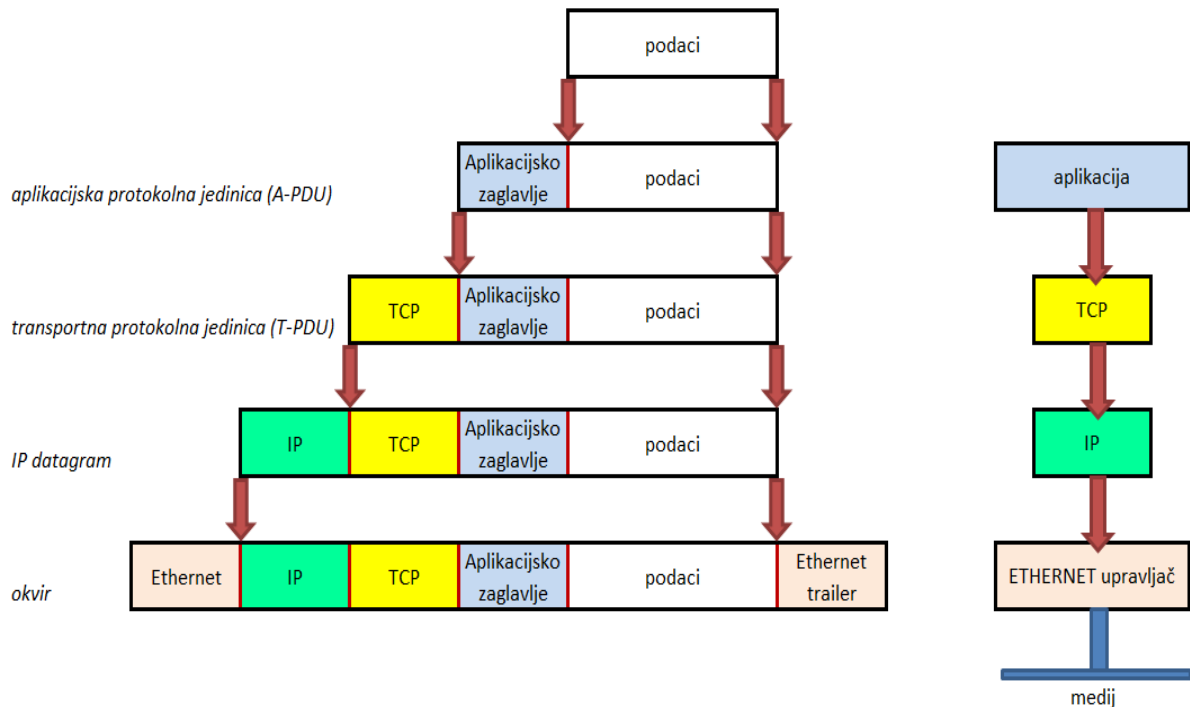
OSI referentni model definira pojedine funkcije komunikacijskog modela kroz sedam slojeva, za razliku od TCP/IP modela koji iste funkcije definira u četiri sloja. Razlika je u tome što gornja tri sloja OSI modela (aplikacijski, prezentacijski i sloj sesije) detaljnije razrađuju ono što je definirano kod aplikacijskog sloja TCP/IP modela. Također, prva dva sloja OSI modela (fizički i podatkovni) kod TCP/IP modela definiraju se prvim slojem – slojem pristupa mreži. Usporedba slojeva referentnih modela prikazana je na slici 2.



Slika 2 - Usporedba slojeva OSI i TCP/IP modela [4]

## 2.4.2. Prijenos podataka od aplikacije do fizičkog medija

Podaci koji se stvaraju na razini aplikacije, prilikom slanja i primanja prolaze kroz cijeli protokolni složaj modela. Slika 3 prikazuje kako se podaci omataju te kako omatanjem nastaju protokolne jedinice.



Slika 3 - Primjer omatanja podataka prolaskom kroz slojeve TCP/IP modela [3]

Na podatke se na razini aplikacije dodaje aplikacijsko zaglavlje (eng. *Application header*) te time nastaje aplikacijska protokolna jedinica (eng. *Application Protocol Data Unit*). Tako stvorena aplikacijska protokolna jedinica predaje se na obradu transportnom sloju, na kojemu se ujedno dodaje transportno zaglavlje (npr. TCP protokola), te se time dobiva transportna protokolna jedinica (eng. *Transport Protocol Data Unit*). Na mrežnom sloju dodaje se zaglavlje protokola IP, čime nastaje IP datagram. Na sloju pristupa mreži, IP datagram se smješta u podatkovno polje okvira sloja pristupa mreži (npr. Ethernet kako prikazuje slika 3). [3]



### 3. Podjela računalnih mreža i performanse

S obzirom na raširenost i raznolikost računalnih mreža, kao i njihovu raznolikost uporabu, računalne mreže možemo podijeliti prema:

1. elementima,
2. topologiji,
3. načinu korištenja usluge,
4. vlasništvu,
5. obuhvatu područja. [9]

#### 3.1. Podjela računalnih mreža prema elementima

Dvije su osnovne podjele računalnih mreža prema elementima. To su mreža terminala i mreža računala. Kod mreže terminala osigurava se da terminali budu povezani na centralno računalo (takozvano veliko računalo) na kojem se obavlja sva obrada podataka, dok terminali služe isključivo za interakciju s krajnjim korisnikom (operaterom). Kod mreže računala nema takve centralizacije, već su računala ta koja čine čvorove mreže koja primaju poruke, usmjeravaju ih tj. prosljeđuju na odredište, te skupljaju i izdaju podatke o uporabi mreže i stanju na mreži. To znači i da svako računalo uz sebe može imati mrežu računala.

Svakim danom dostupnije je sve više novih funkcionalnosti koje prate razvoj mreža i globalno gledano Interneta. Tako računalstvo u oblaku (eng. *Cloud computing*), pohrana u oblaku i druge nove funkcionalnosti umanjuju razliku između mreža računala i mreža terminala jer se sve više i sve češće osobna računala koriste kao terminali te se time polako gubi takva podjela. [9]

#### 3.2. Podjela računalnih mreža prema topologiji

Topologija računalne mreže je geometrijski prikaz rasporeda čvorova i veza među njima koji čine računalnu mrežu. Zbog lakšeg pregleda i snalaženja u mreži, te pregleda mrežnih elemenata, mrežnom topologijom moguće je računalnu mrežu prikazati u jednostavnijim dijelovima. Takav prikaz olakšava pregled i snalaženje te administraciju mreže.

Dva su osnovna načina izvođenja komunikacije unutar topologije mreže: difuzijski i od točke-do-točke, dok se podjela mrežne topologije najčešće dijeli prema tipu veze koji mogu biti fizička ili logička veza.

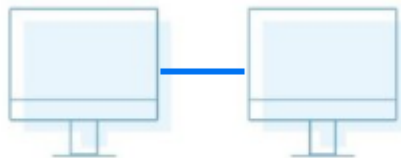
Kod fizičke topologije postoje stvarni, fizički elektromehanički sklopovi između čvorova te se opisuje raspored krajnjih mrežnih uređaja, fizičkih veza i čvorova mreže među njima. Fizička topologija ne mora odgovarati logičkoj topologiji mreže.

Kod logičke topologije prikazuju se veze koje omogućavaju komunikaciju između dva čvora ili mrežna uređaja bez obzira da li između njih postoji stvarna fizička veza. Oslanjaju se na mrežne komunikacijske protokole a ne na fizičke sklopove i veze. [9]

Svaka topologija prilagođena je određenim zadacima te ima svoje prednosti i nedostatke. Sam izbor mrežne topologije ovisi o brojčanom stanju opreme koja se želi povezati, potrebnoj brzini prijenosa podataka, vremenu odziva, aplikacijama koje će se koristiti i naravno cijeni. [10]

### 3.2.1. Mrežna topologija od točke do točke

Mrežna topologija od točke do točke (eng. *Point to point topology*) najjednostavnija je topologija i povezuje dva čvora zajedničkom komunikacijskom vezom. Kompletna širina pojasa zajedničke komunikacijske veze rezervirana je za prijenos između spomenuta dva čvora. Iako je vrlo jednostavna za instalaciju i održavanje, veliki nedostatak joj je što se može upravljati samo s dva čvora u mreži. [10] Slika 4 grafički prikazuje mrežnu topologiju od točke do točke.



Slika 4 - Mrežna topologija od točke do točke [11]

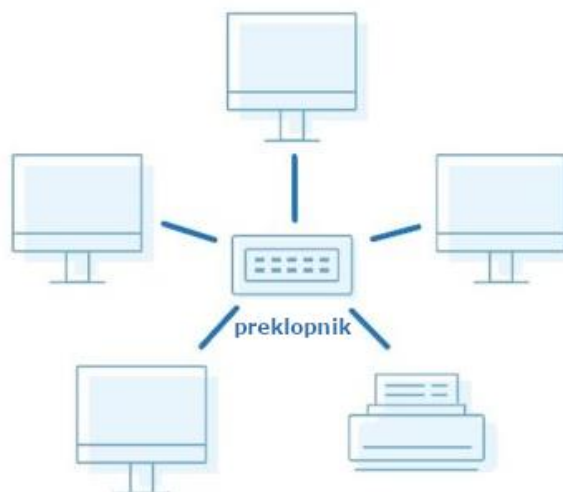
### 3.2.2. Zvezdasta mrežna topologija

Zvezdasta mrežna topologija (eng. *Star topology*) najčešći je oblik topologije korišten u računalnim mrežama. Topologija je posložena tako da je svaki čvor u mreži (tj. krajnji mrežni uređaj) spojen direktno na središnji preklopnik nekim od pristupnih medija kao što su upletena parica, optičko vlakno ili koaksijalni kabel. Sva komunikacija

u računalnoj mreži zvjezdaste topologije prolazi kroz središnji preklopnik, koji ujedno radi kao repetitor što sprečava gubitak podataka.

Upravljanje mrežom je olakšano jer se mreža održava na centralnom mjestu, a u slučaju kvara nekog od čvorova (tj. krajnjih mrežnih uređaja) ostatak mreže će nastaviti nesmetano raditi dalje što ovu topologiju čini stabilnom i sigurnom za korištenje. Nadalje, za strukturu zvijezde potrebno je relativno malo fizičkog medija za povezivanje cijele mreže, a jednostavan dizajn mreže olakšava administraciju jer je jednostavno pronaći dio na kojem dolazi do grešaka ili narušavanja performansi računalne mreže.

Nedostatak zvjezdaste mrežne topologije je ograničenje propusnosti i performansi koji ovise o tehničkim karakteristikama i konfiguraciji središnjeg preklopnika s obzirom da se kroz njega odvija sva komunikacija. Kao nedostatak treba spomenuti i da, ukoliko dođe do kvara središnjeg preklopnika, cijela mreža neće funkcionirati. Bez obzira na tu činjenicu, ukoliko se središnji preklopnik održava i njime se pravilno upravlja, mrežni administratori neće imati problema. [11] Slika 5 prikazuje raspored čvorova zvjezdaste mrežne topologije.



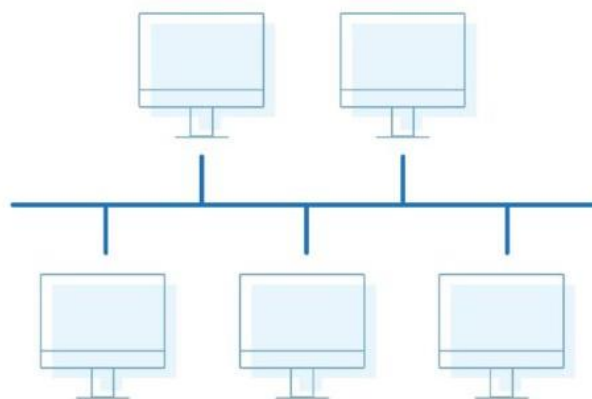
Slika 5 - Zvjezdasta mrežna topologija [11]

### 3.2.3. Sabirnička mrežna topologija

Sabirnička topologija (eng. *Bus topology*) isplativ je izbor za manje računalne mreže. Svojim jednostavnim rasporedom omogućuje povezivanje svih mrežnih uređaja

putem jednog mrežnog (upletena parica) ili koaksijalnog kabela. Ukoliko postoji potreba za dodavanjem uređaja u mrežu lako je dodati dodatne kabele za spajanje.

Nedostatak ove topologije je što postoji jedan prijenosni medij te je mreža zbog toga donekle ranjiva. Također, u slučaju kvara prijenosnog medija cijela mreža je u kvaru. U sabirničkoj topologiji podaci se ne mogu slati u dva suprotna smjera istovremeno tako da nije idealna za mreže s većom količinom prometa, a niti za veliki broj spojenih mrežnih uređaja jer svaki dodatni uređaj u mreži usporava brzinu prijenosa. [11] Slika 6 prikazuje sabirničku topologiju.



Slika 6 - Sabirnička mrežna topologija [11]

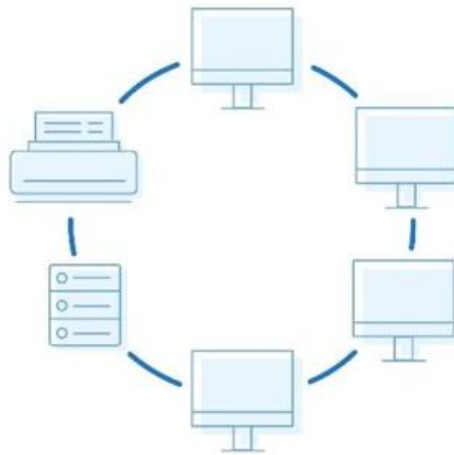
#### 3.2.4. Prstenasta mrežna topologija

Topologija prstena (eng. *Ring topology*) raspoređuje čvorove u krug u kojoj je svaki čvor spojen sa točno dva susjedna čvora. Komunikacija podataka odvija se prstenastom mrežom najčešće u jednom smjeru i istovremeno samo jedan mrežni uređaj može slati podatke, što je korisno jer smanjuje rizik sudara paketa. To čini topologiju prstena učinkovitom u prijenosu podataka bez grešaka. Isplativa je za instalaciju, a povezanost mrežnih uređaja od točke do točke olakšava detekciju problema ili krivu konfiguraciju u mreži.

Nedostatak je što je ovakva konfiguracija mreže bez odgovarajućeg održavanja podložna kvarovima. Ako ispadne jedan mrežni uređaj, za sobom može povući kvar ostatka mreže. Iz tog je razloga bitno pratiti i održavati mrežu iako niti onda nema garancije jer do ispada može doći i zbog kvara prijenosnog medija.

Pitanje je i skalabilnosti u prstenastoj topologiji gdje svi mrežni uređaji dijele propusnost tako da dodavanje većeg broja mrežnih uređaja može pridonijeti ukupnom

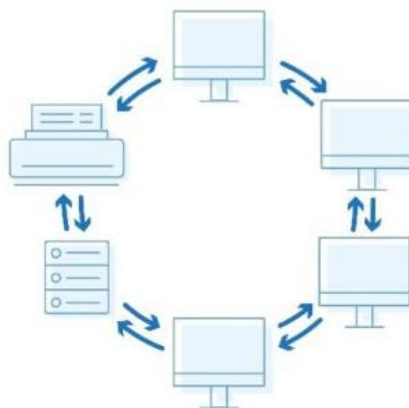
kašnjenju u mrežnoj komunikaciji. Kod dodavanja ili uklanjanja mrežnih uređaja u prstenastoj topologiji treba uzeti u obzir da je potrebno cijelu mrežu isključiti radi dodavanja ili uklanjanja i ponovne konfiguracije mreže, što može biti nezgodno ali i skupo. [11] Slika 7 prikazuje jednostruku topologiju prstena.



Slika 7 – Mrežna topologija prstena [11]

Mreža s prstenastom topologijom je poludupleksna (eng. *Half duplex*) što znači da se podaci mogu istovremeno slati samo u jednom smjeru. Od poludupleksne prstenaste mreže moguće je napraviti punodupleksnu (eng. *Full duplex*) mrežu dodavanjem još jedne mrežne veze između mrežnih uređaja, te tako stvorenu topologiju nazivamo topologijom dvostrukog prstena. Slika 8 prikazuje topologiju dvostrukog prstena.

Prednost mreže s topologijom dvostrukog prstena je u učinkovitosti jer svaki mrežni uređaj ima po dvije veze s obje strane te se podaci mogu slati u oba smjera prstenaste mreže istovremeno. Dodatni prsten u topologiji može se koristiti kao redundantna veza jer u slučaju ispada na nekoj vezi jednog prstena mreža nije van funkcije. [11]

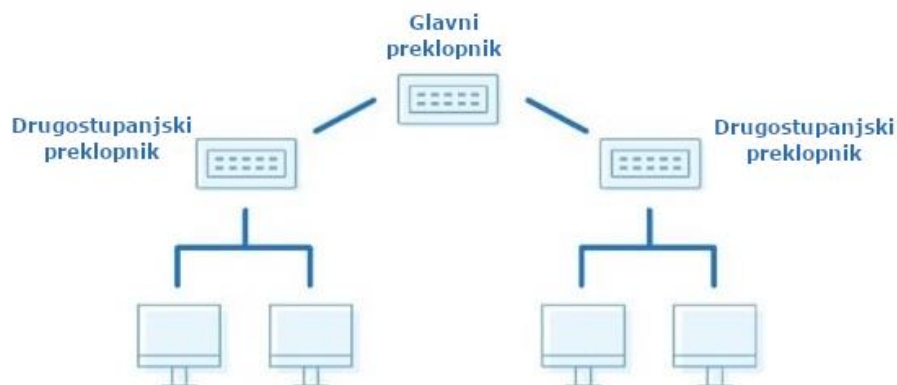


Slika 8 – Mrežna topologija dvostrukog prstena [11]

### 3.2.5. Stablasta mrežna topologija

Stablasta topologija (eng. *Tree topology*) posložena je u hijerarhijske grane te rasporedom mrežnih uređaja (čvorova) podsjeća na razgranato stablo. Iz središnjeg (glavnog) čvora topologija se širi prema van po principu grananja i smatra se vezom više zvjezdastih podmreža. Slika 9 najzornije prikazuje način grananja. Budući da je struktura stablaste topologije iznimno skalabilna i fleksibilna, često se koristi za mreže širokog područja. Odnos u mreži je hijerarhijski pa tako mrežni uređaji mogu komunicirati unutar iste podmreže, dok za komunikaciju s mrežnim uređajem iz druge podmreže mora tražiti vezu preko nadređene razine.

Stablasta mrežna topologija omogućuje jednostavno dodavanje mrežnih uređaja i proširenje mreže. Detekcija pogrešaka također je prilično jednostavna jer je moguće promatrati performanse svake grane pojedinačno. Mana stablaste topologije je što jednostavno dodavanje mrežnih uređaja i brzo širenje mreže može narušiti pravilno upravljanje mrežom. [11]

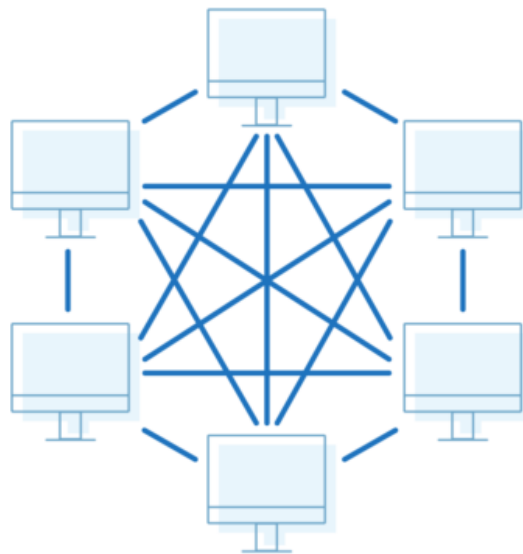


Slika 9 - Stablasta mrežna topologija [11]

### 3.2.6. Isprepletana mrežna topologija

Isprepletana mrežna topologija (eng. *Mesh topology*) je složena i razrađena struktura mrežnih veza od točke do točke gdje su svi mrežni uređaji međusobno povezani. Ovakva topologija neekonomična je za terminalske i druge mreže s malim iskorištenjem. [9] Isprepletana topologija nudi dva načina prijenosa podataka mrežom: usmjeravanje i preplavlivanje. Kod prijenosa usmjeravanjem čvorovi koriste logiku za određivanje najkraćeg puta od izvora do odredišta, dok se kod preplavlivanja podaci šalju svim čvorovima unutar mreže bez logike usmjeravanja.

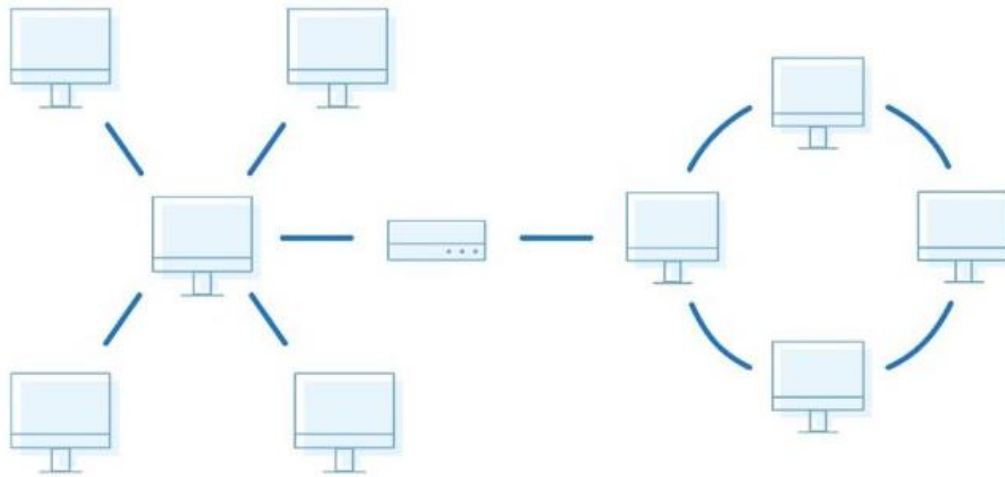
Odlike isprepletene mrežne topologije su da je mreža pouzdana i stabilna, a složena međusobna povezanost čvorova čini mrežu otpornom na kvarove jer niti jedan uređaj u mreži koji se pokvari ne može dovesti mrežu u stanje kvara. S druge strane postoje i mane ovakvog načina povezivanja. Svako međusobno povezivanje čvorova zahtjeva dodatne prijenosne medije i konfiguraciju nakon postavljanja što u ovako povezanim mrežama zahtjeva dosta vremena i novaca. [11] Slika 10 prikazuje veze u isprepletеноj mrežnoj topologiji.



Slika 10 - Isprepletена mrežna topologija [11]

### 3.2.7. Kombinirana mrežna topologija

Kombinirana topologija (eng. *Hybrid topology*) kako i ime kaže je kombinacija dviju ili više mrežnih topologija. Kombinirane topologije mreža češće su korištene u velikim tvrtkama gdje pojedini odjeli koriste prilagođenu mrežnu topologiju koja odgovara njihovim potrebama i korištenju mreže. Glavna prednost kombinirane topologije je stupanj fleksibilnosti i skalabilnosti koji pruža, dok je nedostatak sve složenija mrežna topologija koja iziskuje iskustvo i znanje od strane mrežnog administratora zaduženog za optimalno funkcioniranje mreže. [11] Primjer kombinirane mrežne topologije prikazan je na slici 11.



Slika 11 - Kombinirana mrežna topologija [11]

### 3.3. Podjela računalnih mreža prema načinu korištenja usluga

S obzirom na različite mogućnosti konfiguracija računalnih mreža, prema načinu korištenja moguće je napraviti podjelu u tri kategorije:

1. Mreža korisnik-poslužitelj (eng. *client-server*),
2. Mreže s ravnopravnim učesnicima (eng. *peer-to-peer*),
3. Mreže s distribuiranom obradom.

Mreža klijent-poslužitelj model je usluge u kojem klijenti pristupaju resursima i uslugama sa poslužitelja (eng. *server*) putem lokalne mreže (LAN)<sup>6</sup> ili mreže širokog područja (WAN)<sup>7</sup>, kao što je Internet. Mrežni promet kategoriziran je kao klijent-poslužitelj ili poslužitelj-poslužitelj. Mrežne usluge koje se koriste kroz ovaj model su e-pošta, dijeljenje datoteka, ispis i pregled Internet stranica (eng. *World Wide Web*). Glavna prednost mreže klijent-poslužitelj je centralno upravljanje aplikacijama i podacima. [12]

Mreža s ravnopravnim učesnicima decentralizirani je komunikacijski model u kojem su svi čvorovi mreže ravnopravni, tj. imaju iste mogućnosti i mogu funkcionirati i kao poslužitelj i kao klijent. Čvorovi u mreži zajednički koriste svoje resurse i međusobno komuniciraju na zahtjev bez potrebe za centralnim poslužiteljem. Glavna prednost

<sup>6</sup> LAN – eng. *Local Area Network* – Lokalna mreža

<sup>7</sup> WAN – eng. *Wide Area Network* – Mreža širokog područja



mreže s ravnopravnim učesnicima osim dijeljenja resursa je mogućnost proširenja mreže za upravljanje velikim brojem klijenata. [12]

Mreže s distribuiranom obradom razvijaju se umjesto velikih centralnih računala. Kao takve mogu biti dio korisnik-poslužitelj mreže ili pak mreže s ravnopravnim učesnicima. Svako računalo ili grupa računala može služiti kao poslužitelj a komunikacija se definira u dva uzorka – jedan prema jedan i jedan prema više (što nazivamo grupna komunikacija). [13]

### 3.4. Podjela računalnih mreža prema vlasništvu

Klasifikaciju mreža moguće je napraviti i prema vlasništvu. Tako je moguće računalne mreže podijeliti na privatne računalne mreže i na javne računalne mreže.

Kod privatnih mreža vlasnik mreže (korisnik) je taj koji upravlja mrežom prema vlastitim potrebama, tj. elementi mreže mogu biti u najmu ili vlasništvu pravne osobe koja ujedno upravlja mrežom.

Kod javnih mreža vlasnik mreže pruža uslugu prijenosa podataka drugim korisnicima na komercijalnoj osnovi. Uz to održava i administrira mrežu kako bi optimalno iskoristio instalirane kapacitete, te pruža maksimalnu kakvoću usluge krajnjim korisnicima. [9]

### 3.5. Podjela računalnih mreža prema obuhvatu područja

Podjela računalnih mreža prema području koje obuhvaćaju može se podijeliti po veličini područja pokrivanja. To su od najmanjeg do najvećeg područja pokrivanja:

- PAN – Personal Area Network,
- LAN – Local Area Network,
- MAN – Metropolitan Area Network,
- WAN – Wide Area Network.

Slika 12 prikazuje vrste računalnih mreža prema udaljenosti između uređaja i područje pokrivanja.

Udaljenost uređaja	Područje pokrivanja	Vrsta mreže
1 m	Kvadratni metar	Personal area network
10 m	Soba	
100 m	Zgrada	Local area network
1 km	Kampus	
10 km	Grad	Metropolitan area network
100 km	Država	Wide area network
1000 km	Kontinent	
10,000 km	Zemlja	The Internet

Slika 12 - Podjela računalnih mreža prema obuhvatu područja [14]

### 3.5.1. Personal Area Network

PAN (eng. *Personal Area Network*) mreža je mreža malog dometa od svega jednog kvadratnog metra. Uobičajeni primjer ovakve mreže je povezivanje perifernih uređaja kao što su miš, tipkovnica, slušalice, pisar i slično. Isto vrijedi i za novija vozila u kojima je moguće bluetooth tehnologijom povezati pametni telefon na multimedijски sustav vozila, te od mobilnog uređaja „napraviti“ prijenosni uređaj za reproduciranje glazbe. Bez korištenja bežične veze svi ti uređaji morali bi biti spojeni žičanom vezom. Danas je za povezivanje perifernih uređaja najkorištenija Bluetooth tehnologija, iako se kod pametnih telefona uz Bluetooth koriste još infracrveni prijenos podataka i RFID. [14]

### 3.5.2. Local Area Network

LAN (eng. *Local Area Network*) je privatna računalna mreža koja djeluje u području jedne kuće, ureda, zgrade ili tvrtke. Koristi se za povezivanje osobnih računala i drugih mrežnih uređaja kao što su pisarči s ciljem omogućavanje dijeljenja resursa i informacija. S obzirom da je riječ o privatnoj mreži, ona je u vlasništvu tvrtke ili osoba koje ju koriste te ju vlasnik i administrira. Lokalna mreža kao prijenosni medij za povezivanje koristi optičko vlakno ili upletenu paricu što omogućava značajne brzine prijenosa podataka unutar mreže. Za upletenu paricu brzine prijenosa sežu do 1 gigabit u sekundi, a kod optičkog vlakna brzine sežu i do par desetaka gigabita u sekundi.

Također, postoji standard za bežičnu lokalnu mrežu (eng. *Wireless LAN*) definiran od strane IEEE s oznakom 802.11 popularno zvan Wi-Fi koji je postao jako raširen. Pogodan je za zgrade, kuće i urede gdje je komplicirano ili nemoguće napraviti mrežnu infrastrukturu za pristup mreži, kao i za pametne telefone koji ne posjeduju fizički mrežni priključak.

Osim bežične lokalne veze moguće je iskoristiti još jedan resurs koji je već u kući ili stanu. Riječ je o strujnim kablovima koje je moguće koristiti kao infrastrukturu za mreže strujnog voda (eng. *Power-line networks*). Da bi se koristila mreža na ovaj način, dovoljno je priključiti tzv. Power-line adaptere u strujne utičnice i oni će odašiljati informacije kroz strujnu instalaciju kuće. Instaliraju se u paru, a problem prijenosa signala uz struju rješava se korištenjem različitih frekvencija. [14]

### **3.5.3. Metropolitan Area Network**

MAN (eng. *Metropolitan Area Network*) je mreža nešto većeg područja pokrivanja kao što je grad. Najbolji primjer mreža gradskog područja su mreže kablskih televizija dostupne u mnogim gradovima. Razvile su se iz antenskih sustava u područjima loše pokrivenosti bežičnim televizijskim prijemom na način da je velika antena postavljena na vrh obližnjeg brda, a signal je kabelom doveden do pretplatničkih kuća. Isprva su to bili lokalno projektirani sustavi, ali su s vremenom tvrtke počele ulaziti u posao dobivajući poslove kabliranja cijelih gradova od lokalnih vlasti. Isprva je mreža bila namijenjena samo za televizijski program, no kada je Internet počeo masovno privlačiti korisnike, operatori kablске televizije počeli su shvaćati da bi s nekim promjenama u sustavu mogli neiskorištenim frekvencijskim spektrom pružiti dvosmjernu komunikaciju za internetsku uslugu.

Kablška televizija nije jedini primjer mreže gradskog područja. Razvojem bežične tehnologije visokih brzina razvio se novi standard za brzi bežični pristup Internetu pod oznakom IEEE 802.16, poznatiji kao WiMAX (eng. *Worldwide Interoperability for Microwave Access*). Sličan je Wi-Fi-u uz razliku u brzini prijenosa podataka do 70 megabita u sekundi i u području pokrivanja koje može sezati do 50 kilometara udaljenosti. Najčešće se primjenjuje u područjima gdje je komplicirano ili pak neisplativo graditi žičanu infrastrukturu. [14]

### 3.5.4. Wide Area Network

WAN (eng. *Wide Area Network*) je mreža širokog geografskog područja prekrivanja koja se proteže preko zemlje ili kontinenta. Sastoji se od niza podmreža kroz koje se odvija komunikacija, a svaka se podmreža sastoji od dvije različite komponente, prijenosnih medija i elemenata za prespajanje. Prijenosni mediji mogu biti bakrene parice, optička vlakna ili radijska veza. S obzirom da većina tvrtki ne posjeduje dalekovode, primorani su iznajmljivati vodove telekomunikacijskih tvrtki. Elementi za prespajanje su specijalizirana računala koja povezuju dva ili više dalekovoda i dolaskom podataka moraju odlučiti na koji vod će proslijediti podatke. Ta specijalizirana računala su zapravo usmjerivači (eng. *Router*) Moglo bi se reći da je WAN mreža zapravo jedna velika LAN mreža s iznimkom što vodovi i podmreže nisu privatni nego iznajmljeni od operatera koji njima i upravlja te uslugu najma naplaćuje. Također, dodatna razlika je što usmjerivači povezuju različite vrste mrežnih tehnologija. Primjer mreže širokog geografskog područja je javna komutirana telefonska mreža (eng. *Public Switched Telephone Network – PSTN*) koja je inicijalno bila namijenjena za prijenos govora, a kasnijim razvojem postala je mreža za prijenos podataka. Još dva primjera mreža širokog geografskog područja su satelitski sustavi i mobilna telefonska mreža.

### 3.6. Performanse mreža

Kao kod svakog računalnog sustava očekuje se da će i računalne mreže imati dobre performanse. Na performanse mreže mogu utjecati brojni faktori, kao što su propusnost (eng. *Throughput*), kašnjenje u mreži (eng. *Delay, Latency*), varijacije kašnjenja (eng. *Jitter*) i gubici paketa (eng. *Packet loss*). Da bi se postigla optimalna iskorištenost performansi potrebno je mrežu administrirati kroz nadzor i procjenu ponašanja te kvalitetu usluga ponuđenih korisnicima. Preventivne i korekcijske mjere podrazumijevaju nadgledanje performansi kroz generalni model skupljanjem podataka te prezentacijom i pohranom istih, analizu performansi kroz metode za izračun osnovnih pokazatelja performansi kao što su kašnjenje, gomilanje itd. i kontrolu performansi kroz kontrolu protoka podataka i administracijom sustava upravljanja performansama. [15]

Da bi bilo moguće upravljati i analizirati računalnu mrežu, prvo je potrebno izvršiti nadzor i mjerenje mrežnih performansi. Praćenjem performansi moguće je na vrijeme

uočiti potencijalne probleme koji se u mreži mogu pojaviti, te poduzeti odgovarajuće radnje kao što su promjene u tablicama usmjeravanja kako bi se uravnotežilo prometno opterećenje za vrijeme detektiranih opterećenja. Također, praćenje performansi u duljem vremenskom periodu može pomoći u planiranju daljnjeg proširenja mreže ili proširenja mrežnih kapaciteta. U nastavku rada prikazat će se nekoliko mjera kojima se opisuju performanse mreža. [15]

### **3.6.1. Kašnjenje ili latencija**

Latencija (engl. *Delay, Latency*) je vrijeme potrebno da paket stigne s jednog kraja mreže na drugi kraj. Mjeri se isključivo u vremenskim jedinicama izraženim u milisekundama. Do kašnjenja dolazi iz više razloga kao što su propagacija prijenosnim medijem, vrijeme potrebno za prijenos paketne jedinice (zbog kodiranja i paketizacije) i vrijeme čekanja u mreži s obzirom da se paketi pohranjuju u čvorovima mreže prije nego se prosljede na slijedeću granu. [16]

Razlikuju se fiksne i varijabilne komponente kašnjenja. U fiksne komponente spadaju propagacija, procesiranje (kodiranje/dekodiranje, paketizacija) i serijalizacija (vrijeme potrebno da se serijaliziraju digitalni podaci na fizičkom vodu), dok u varijabilne spadaju kašnjenje zbog čekanja u redovima na čvorištima i kašnjenje zbog varijabilne veličine paketa jer duljina paketa ovisi o korištenom kodeku.

Kašnjenja u mreži teško je predvidjeti jer ovise o trenutnom opterećenju čvorova kao i o performansama mreže, a kako su ti parametri nepoznati tako se niti kašnjenje u mreži ne može točno izračunati. [17]

### **3.6.2. Propusnost**

Propusnost (engl. *Throughput*) govori koliki je efektivni kapacitet veze i mjeri se u bitovima po vremenskoj jedinici. U slučaju male propusnosti dolazi do gubitaka paketa, a obrnuto, smanjenje latencije, varijacije kašnjenja i gubitka paketa povećava propusnost. Često se govori i o zahtjevima za propusnost sa strane aplikacija. Neke aplikacije zahtijevaju određenu količinu propusnosti kako bi mogle uspješno isporučiti uslugu u zahtijevanoj kvaliteti. [16]

### 3.6.3. Varijacija kašnjenja

Varijacija kašnjenja (eng. *Jitter*) definira se kao razlika u kašnjenju susjednih paketa iste sesije mjereno u vremenskim jedinicama (najčešće u milisekundama). Važan je pokazatelj kod multimedijских aplikacija kao što je reprodukcija videa preko mreže. Ukoliko varijacija postoji poremetiti će reprodukciju u smislu vremenskog pomaka u odnosu na pošiljatelja. [15]

### 3.6.4. Bit error rate (BER)

*Bit error rate* (BER) označava broj pogrešno prenesenih bitova u odnosu na broj ukupno prenesenih bitova u nekom vremenskom intervalu. S obzirom da nema mjernu jedinicu često se iskazuje u postotku. Na njega utječu problemi sa sinkronizacijom bitova, gubitak signala kao i interferencija te šum u prijenosnom kanalu. [15]

### 3.6.5. Umnožak kašnjenja i propusnosti

Umnožak kašnjenja i propusnosti možemo promatrati kao „cijev“ kroz koju šaljemo pakete. Ako je duljina cijevi kašnjenje (latencija), a promjer cijevi širina pojasa, onda je umnožak volumen cijevi tj. rezultat je najveći broj bitova koji je moguće prenijeti u bilo kojem trenutku.

Neprestano povećanje propusnosti uzrokuje da dizajneri mreža počnu razmišljati o tome što se događa u ograničenju, tj. drugačije rečeno, kako utječe beskonačna propusnost na dizajn same mreže. Iako mreže velikih brzina donose dramatične promjene u propusnosti koja je dostupna aplikacijama, njihov utjecaj na način na koji razmišljamo o umrežavanju u mnogočemu dolazi u onome što se ne mijenja s povećanjem propusnosti, a to je brzina svjetlosti. Drugim riječima, velika brzina ne znači da se latencija poboljšava jednakom brzinom kao i propusnost. Za primjer se uzima transkontinentalno vrijeme povratnog putovanja paketa (RTT)<sup>8</sup> koje je kod veze od 1 Gbps (gigabita u sekundi) jednako 100 ms kao i kod veze od 1 Mbps. [16]

---

<sup>8</sup> RTT – eng. *Round-trip time* – vrijeme potrebno da mrežni paket ode do odredišta i vrati se na ishodište, mjeri se u milisekundama

## 4. Značajke programskog alata Obkio network performance monitor

Obkio network performance monitor razlikuje se od klasičnih alata za nadzor performansi mreže po tome što je to usluga u oblaku (eng. *Software as a service* - SaaS). Pored toga što se analiza, praćenje i upravljanje izvršava u oblaku, ostvaruje se veza s mrežnim uređajima posredno ili neposredno putem agentskog softvera ili hardverskih uređaja (eng. *Hardware appliance*) posebne namjene.

Osnovno sučelje web aplikacije preko koje se pristupa usluzi sastoji se od sekcija za upravljanje agentima, uređajima, praćenja performansi, pregleda aktualnih problema u radu mrežne opreme, praćenje uređaja, mjerenje brzine, kontrolnih ploča i praćenje performansi i dostupnosti web aplikacija.

### 4.1. Agenti

Agent je jedinstveni softver razvijen za mjerenje mrežnih i aplikacijskih performansi i dostupnosti. Postoje četiri različite izvedbe odnosno klase agenata:

- Softverski agenti,
- Hardverski uređaji,
- Virtualni uređaji,
- Javni agenti za praćenje.

Softverski agent instalira se direktno u sustav, bilo da je riječ o virtualnom ili fizičkom uređaju. Jednom kada se instalira, agent se automatski ažurira. Podržani su Windows operacijski sustav, Linux operacijski sustav i Docker spremnici.

Hardverski uređaji pogodni su za instalaciju i korištenje u okruženju u kojem nema poslužitelja ili nije moguća instalacija na poslužitelje. Za funkcioniranje potreban je izvor napajanja i priključak na računalnu mrežu. Nema potrebe za dodatnom konfiguracijom hardverskog uređaja jer se sve obavlja kroz Obkio web aplikaciju u oblaku ili aplikaciju za pametne mobilne uređaje. Uparivanje između hardverskog uređaja i agenta vrši se uz pomoć serijskog broja ispisanog na hardverskom uređaju. Postoje tri vrste hardverskih uređaja i razlikuju se hardverskim karakteristikama – radnoj memoriji, centralnoj procesorskoj jedinici, mrežnoj propusnosti i opcionalnim bežičnim modulom.

Virtualni uređaji su virtualizirane inačice hardverskih uređaja. Podržani virtualizacijski sustavi su Hyper-V, VirtualBox i Vmware. Upravljanje se također obavlja kroz Obkio web aplikaciju u oblaku ili aplikaciju za pametne mobilne uređaje.

Javni agenti za praćenje (eng. *Public Monitoring Agent*) su već instalirani agenti u Obkio sustavu u oblaku. Služe za pokretanje testova za mjerenje mrežnih i aplikacijskih performansi. Mogu poslužiti kao završna točka prikupljanja i obrade podataka na putu prema Obkio sustavu. Održava ih Obkio tim za podršku i davatelji usluga trećih strana širom svijeta. [18]

Prema načinu funkcioniranja postoje tri vrste agenata:

- samo klijent,
- privatni poslužitelj,
- privatni Internet poslužitelj.

U načinu funkcioniranja „Samo klijent“ (eng. *Client only*) agent uvijek inicira vezu prema poslužitelju. Za ispravno funkcioniranje agenta potrebna su određena mrežna propuštanja na razini vatrozida. Bitno je napomenuti da se ne može uspostaviti praćenje performansi između dva klijenta u načinu funkcioniranja „Samo klijent“ zato što nijedan od njih ne prima dolazne mrežne konekcije, odnosno podatke.

Način funkcioniranja „Privatni poslužitelj“ (eng. *Private server*) koristi se za agente koji mogu prihvaćati dolazne veze unutar iste privatne mreže. Sesija praćenja performansi između dva agenta bit će uspostavljena isključivo ukoliko mogu međusobno komunicirati i barem je jedan od njih u funkciji poslužitelja.

Ukoliko su oba privatna poslužitelja na istoj mreži, smjer praćenja performansi određuje se usporedbom postavke preferiranja koji od njih će biti poslužitelj.

Ukoliko su privatni poslužitelji na izdvojenim privatnim mrežama, nije moguće uspostaviti praćenje mrežnih performansi između njih.

U načinu rada „Privatni internet poslužitelj“ (eng. *Private Internet server*) agent prima dolazne konekcije od ostalih agenata preko njihove javne IP adrese. Također može funkcionirati i kao klijent. Ukoliko se uspostavlja sesija praćenja mrežnih performansi između privatnog poslužitelja i privatnog Internet poslužitelja, privatni poslužitelj ima ulogu klijenta. Za ispravno funkcioniranje potrebno je prilagoditi postavke vatrozida. [18]



## 4.2. Uređaji

Pored agentske instalacije moguće je pratiti i uređaje na mreži, kao što su vatrozidi, usmjernici, preklopnici i drugi, gdje takva instalacija nije moguća. Preduvjet za praćenje spomenutih uređaja je podrška za SNMP. Za uspostavljanje veze s uređajem potrebno je znati IP adresu uređaja, podržanu verziju SNMP protokola te *SNMP community string* – niz znakova za autentifikaciju i autorizaciju prema uređaju. Također, unutar web aplikacije moguće je namjestiti napredne SNMP postavke, kao što su vrste paketa za uspostavljanje konekcije te SNMP priključak. Prednost ovakvog praćenja je brzi dohvat podataka i preciznost prikaza, pa je moguće lakše detektirati uzrok problema s performansama. Još jedna prednost je što nema potrebe za uspostavljanjem VPN konekcije između uređaja i centralnog poslužitelja za nadzor s obzirom da se praćenje odvija preko agenta koji je već u lokalnoj mreži. [19]

## 4.3. Praćenje mrežnih performansi

Mjerenje mrežnih performansi može se vršiti između dvije lokacije. Preduvjet je da je na svakoj lokaciji instaliran nadzorni agent. Nakon instalacije agenata slijedi korak u kojem se konfigurira predložak za mrežno praćenje, koji potom automatski kreira jednu ili više sesija za praćenje mreže.

Rezultati mjerenja dostupni su za prikaz putem grafova mrežnog praćenja. U naprednim postavkama mrežnog praćenja moguće je namjestiti postavke vezane uz generiranje upozorenja ili grešaka vezano uz gubitak paketa, kašnjenje i varijacije kašnjenja. Također, unutar praćenja mrežnih performansi dostupan je prikaz praćenja puta podatkovnih paketa (eng. *Traceroute*). [20]

## 4.4. Pregled aktualnih problema u radu mrežne opreme

Mrežni problemi su grupe mrežnih događaja koji nastaju usporedbom s pragovima koji se konfiguriraju u predlošcima mrežnog praćenja. Vrste mrežnih događaja su ispad sesije (eng. *Session down*), kašnjenje (eng. *Latency*), varijacija kašnjenja (eng. *Jitter*), gubitak paketa (eng. *Packet loss*), udvostručavanje paketa (eng. *Packet duplication*),

preslagivanje paketa (eng. *Packet reordering*), neusklađenost podatkovnih paketa s QoS<sup>9</sup> pravilima (eng. *DSCP mismatch*).

Kada mrežni događaj generira upozorenja kreira se mrežni problem. Mrežni problem ostaje otvoren sve dok ne prođe razdoblje od 15 minuta u kojem nema takvih mrežnih događaja. Moguće je uključiti i obavijesti vezano uz određene mrežne probleme i mrežne događaje u vidu obavijesti elektroničkom poštom. [20]

#### 4.5. Mjerenje brzine mrežne veze

Mogućnost testa brzine mrežne veze dostupna je između bilo kojeg agenta za praćenje unutar organizacije, uključujući pritom i javne agente za praćenje. Za izvođenje testa brzine mrežne veze moraju se odabrati dva klijenta od kojih će jedan imati ulogu agenta koji pokreće vezu, a drugi će biti u ulozi poslužitelja.

Za mjerenje brzine moguće je definirati parametre kao što su maksimalna brzina prijenosa podataka, vremensko trajanje samog mjerenja, broj mogućih paralelnih TCP<sup>10</sup> strujanja i DSCP IP zaglavlje koje služi za određivanje QoS klase usluge. [20]

---

<sup>9</sup> QoS – *Quality of Service* - Mjera kvalitete komunikacije

<sup>10</sup>TCP - *Transmission Control Protocol* - Protokol kontrole prijenosa

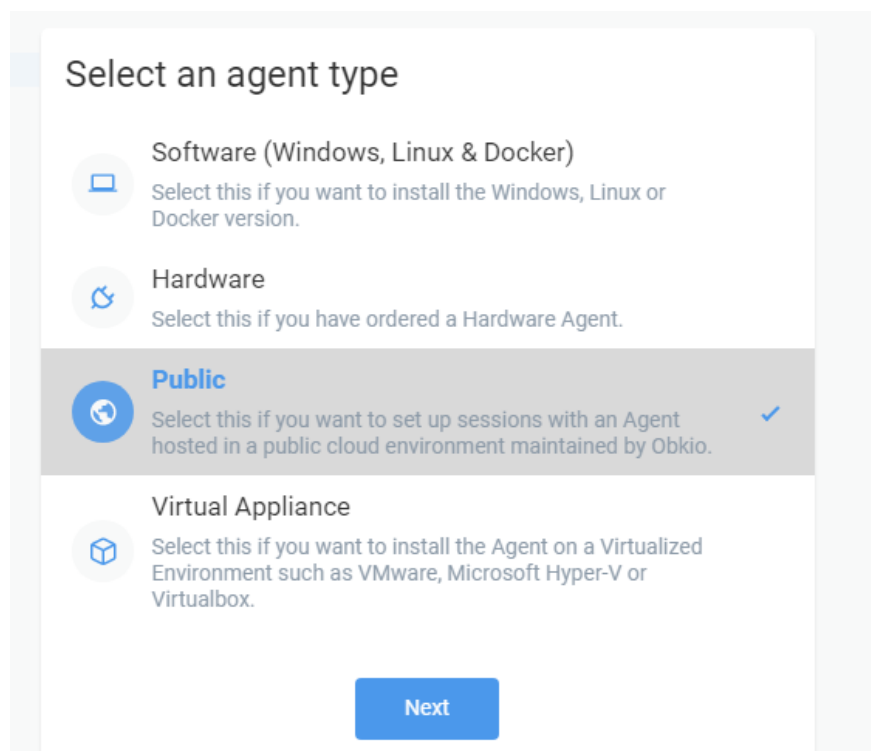
## 5. Analiza performansi na primjeru kućne računalne mreže

U ovom poglavlju će se opisati definiranje agenata za praćenje te će biti obuhvaćeno nekoliko slučajeva analize praćenja uređaja, agenata, mrežnih performansi i mjerenja brzine. Cijela analiza slučaja izvršit će se na manjoj kućnoj mreži koja se sastoji od nekoliko računala, bežične pristupne točke, preklopnika i usmjerivača mrežnog operatora.

### 5.1. Definiranje agenata uz analizu slučaja praćenja mrežnih performansi između privatnog i javnog agenta

U ovoj analizi slučaja obrađuje se jednostavan scenarij pri čemu se definira sesija praćenja mrežnih performansi između privatnog agenta za praćenje u lokalnoj mreži i javnog agenta u oblaku.

Definira se javni agent za praćenje odabirom kako prikazuje slika 13:



Slika 13 - Definiranje agenta

Slijedeći korak je odabir lokacije javnog agenta, odnosno podatkovnog centra u oblaku gdje će se izvršavati javni agent. U našem primjeru to je Google podatkovni centar u Belgiji, kako prikazuje slika 14.

### Select Public Agent

AWS <span style="float: right;">+</span>
AZURE <span style="float: right;">+</span>
GOOGLE <span style="float: right;">-</span>
Google Cloud - Asia (Taiwan) <small>Operated by Obkio</small>
Google Cloud - Canada (Montreal) <small>Operated by Obkio</small>
Google Cloud - Europe (Belgium) <span style="float: right;">✓</span> <small>Operated by Obkio</small>
Google Cloud - US Central (Iowa) <small>Operated by Obkio</small>
Google Cloud - US West (Oregon) <small>Operated by Obkio</small>
OTHER <span style="float: right;">+</span>

Slika 14 - Odabir podatkovnog centra u oblaku

Nakon toga je potrebno definirati ime javnog agenta kao što prikazuje slika 15.

### Create an Agent ?

Selected Public Agent

Google Cloud - Europe (Belgium)

Agent Name

Add Agent to Groups optional ?

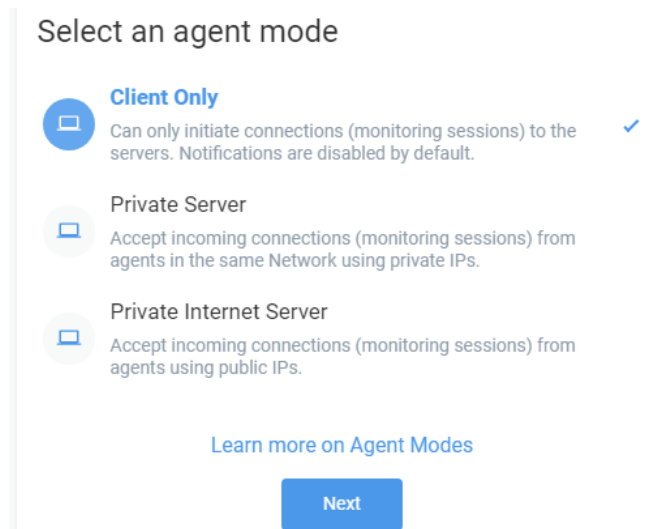
+

Disable Notifications

Create

Slika 15 - Dodjeljivanje imena javnom agentu

Nakon javnog agenta, potrebno je kreirati i privatnog agenta. U ovom koraku odabire se softverska vrsta agenta s obzirom da će se instalirati programski klijent na računalu u lokalnoj mreži, a kao način funkcioniranja agenta ovdje je izabran „klijentski“ mod (eng. *Client Only*) kako je prikazano na slici 16.



Select an agent mode

- Client Only**  
Can only initiate connections (monitoring sessions) to the servers. Notifications are disabled by default. ✓
- Private Server  
Accept incoming connections (monitoring sessions) from agents in the same Network using private IPs.
- Private Internet Server  
Accept incoming connections (monitoring sessions) from agents using public IPs.

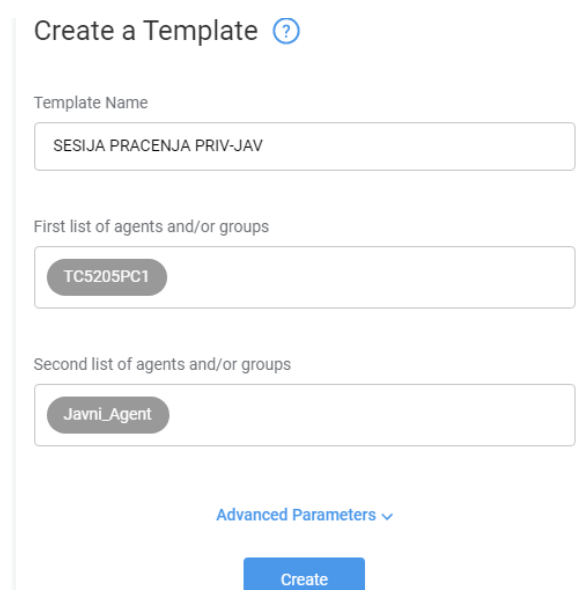
[Learn more on Agent Modes](#)

Next

Slika 16 - Odabir načina rada agenta

Dalje je agentu potrebno dodijeliti ime kako bi se kasnije mogao identificirati u sučelju te nakon toga dobivamo jedinstveni identifikator preko kojeg se vrši uparivanje prilikom instalacije klijentskog programa na računalu u lokalnoj mreži. Nakon toga je odrađena instalacija klijentskog programa na računalu te je izvršeno uparivanje.

Sljedeći korak je kreiranje sesije za praćenje u kojoj se definira naziv sesije, izabire se privatni lokalni agent i odgovarajući javni agent što prikazuje slika 17.



Create a Template ?

Template Name  
SESIJA PRACENJA PRIV-JAV

First list of agents and/or groups  
TC5205PC1

Second list of agents and/or groups  
Javni\_Agent

[Advanced Parameters](#) ▾

Create

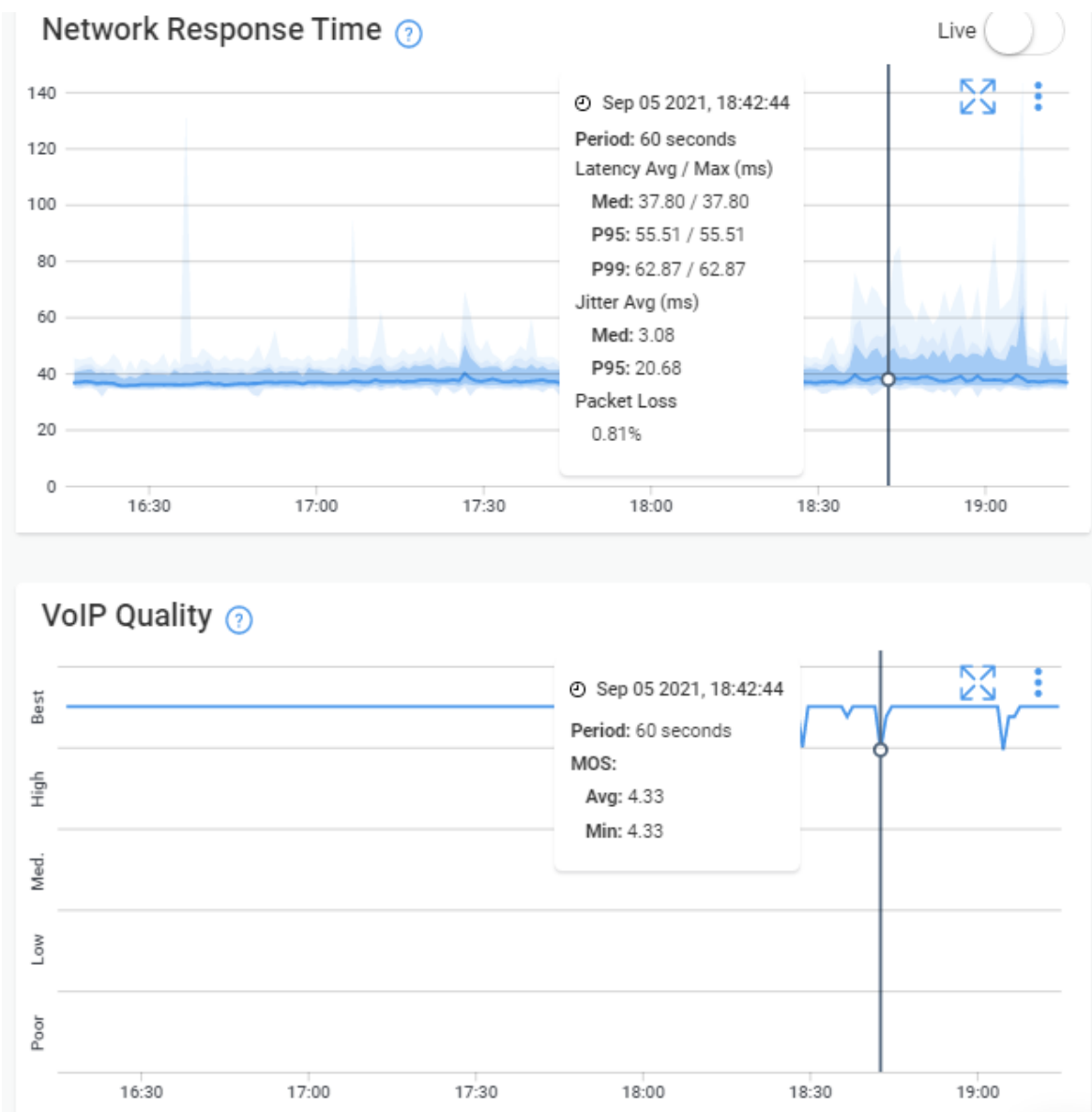
Slika 17 - Kreiranje privatno javne sesije

Nakon definiranja sesije za praćenje u sučelju web aplikacije vidljiv je prikaz praćenja performansi za navedenu sesiju.

Prikaz praćenja mrežnih performansi sastoji se od nekoliko pregleda:

- Vrijeme odziva mreže,
- VoIP kvaliteta,
- Mrežni problemi,
- Test brzine veze,
- Traceroute.

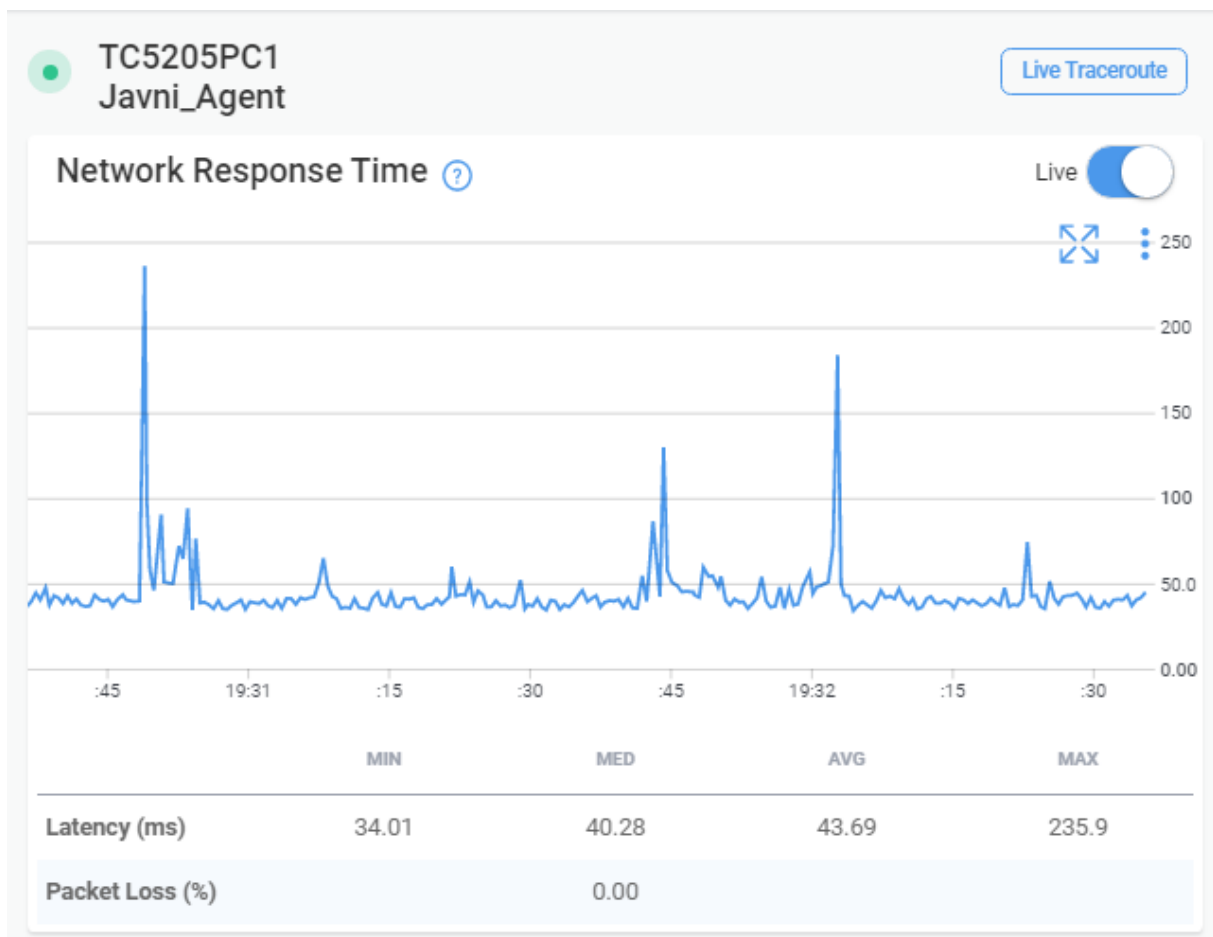
Slika 18 prikazuje grafički prikaz s rezultatima mjerenja vremena odziva mreže i kvalitete VoIP-a.



Slika 18 - Vrijeme odziva mreže i VoIP kvaliteta

Iz mjerenja sa slike 18 mogu se pročitati vrijednosti prosječnog i maksimalnog kašnjenja paketa, varijacija u kašnjenju također u prosječnoj i maksimalnoj vrijednosti, te gubitak paketa. Iz grafa VoIP kvalitete očitava se MOS<sup>11</sup> minimalna i prosječna vrijednost. Iz navedenog očitava se maksimalna latencija od 37,8 ms, varijacija kašnjenja srednje vrijednosti 3,08 ms i manji gubitak paketa od 0,81%. Također, minimalna vrijednost MOS-a iznosi 4,33 što je još uvijek vrlo zadovoljavajuće za krajnjeg korisnika.

Uz povijesni pregled praćenja performansi moguće je uključiti i prikaz mjerenja u stvarnom vremenu te pratiti vrijednosti kašnjenja i gubitka paketa, kao što prikazuje slika 19.

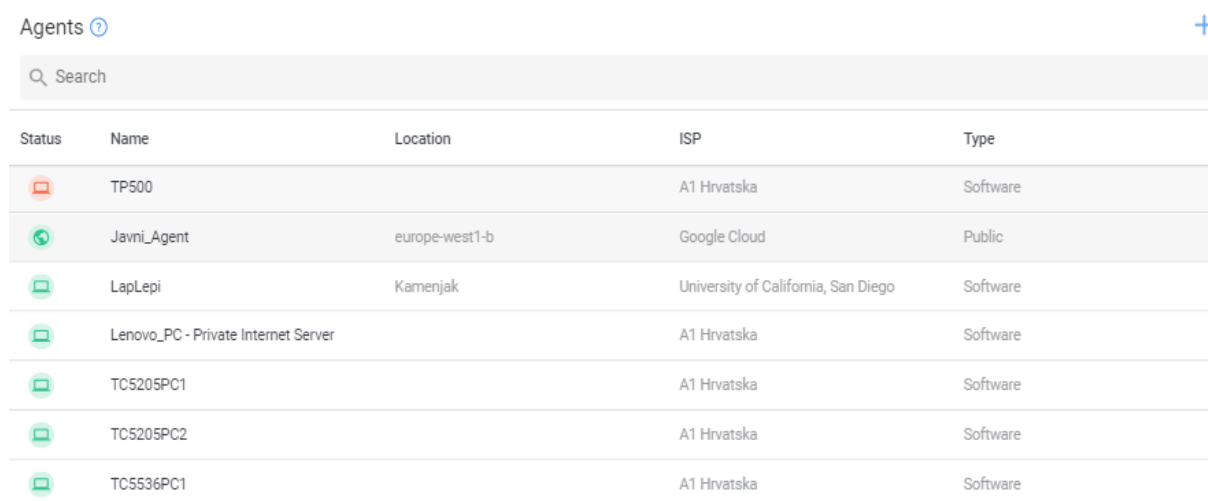









Slika 19 - Mjerenje u stvarnom vremenu

<sup>11</sup> MOS – Mean Opinion Score – mjera osjećaja kvalitete VoIP poziva minimalna ocjena je 1 mksimalna ocjena 5

## 5.2. Analiza mrežnih performansi prilikom opterećenja

Za potrebe praćenja mrežnih performansi prilikom opterećenja mreže, konfiguriran je jedan agent koji funkcioniра u načinu privatnog Internet poslužitelja, nekoliko agenata klijenata i jedna agent klijent koji se ne nalazi u udaljenoj lokalnoj mreži. Slika 20 prikazuje sve konfigurirane agente koji će biti praćeni kroz Obkio performance monitor aplikaciju.



Status	Name	Location	ISP	Type
	TP500		A1 Hrvatska	Software
	Javni_Agent	europa-west1-b	Google Cloud	Public
	LapLepi	Kamenjak	University of California, San Diego	Software
	Lenovo_PC - Private Internet Server		A1 Hrvatska	Software
	TC5205PC1		A1 Hrvatska	Software
	TC5205PC2		A1 Hrvatska	Software
	TC5536PC1		A1 Hrvatska	Software

Slika 20 - Pregled praćenih agenata

Nakon konfiguriranja agenata za praćenje sa svakog od računala u mreži inicirano je preuzimanje veće količine podataka sa poslužitelja na Internetu. Ove aktivnosti odvijale su se u istom vremenskom razdoblju. Slika 21 prikazuje mrežne događaje vezane uz povećano kašnjenje i gubitak podatkovnih paketa. Također se povećala i varijacija kašnjenja na 18 ms. S obzirom na povećano kašnjenje preko 130 ms i gubitak paketa od 11%, zaključak je da je došlo do zagušenja mreže.



## Issue Details ?

DATE CREATED  
Sep 5th 2021, 21:14:47

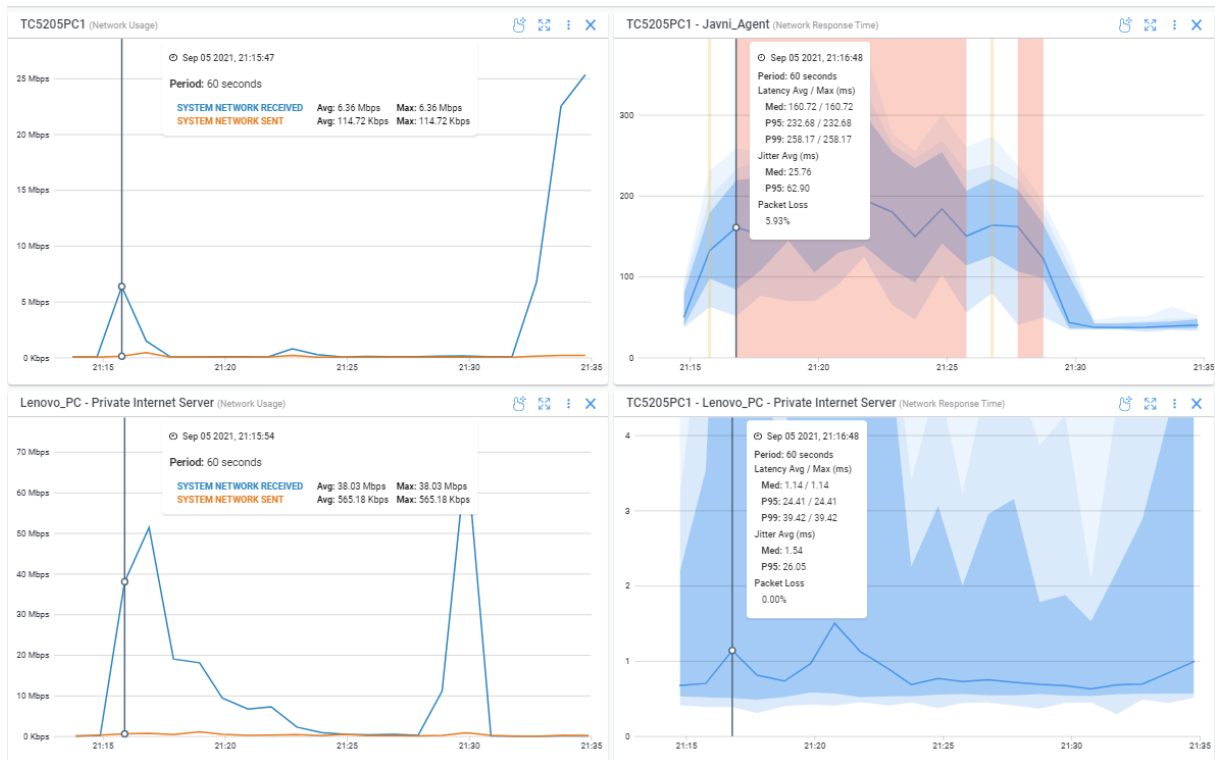
STATUS  
● Everything is OK

Status	Date	Description
<span style="color: green;">●</span>	Sep 5th 2021, 21:29:47	Jitter issue resolved
<span style="color: green;">●</span>	Sep 5th 2021, 21:29:47	Latency issue resolved
<span style="color: green;">●</span>	Sep 5th 2021, 21:29:47	Packet loss issue resolved
<span style="color: red;">●</span>	Sep 5th 2021, 21:27:50	Packet loss of 11.30%
<span style="color: orange;">●</span>	Sep 5th 2021, 21:26:49	Packet loss of 4.84%
<span style="color: red;">●</span>	Sep 5th 2021, 21:16:50	Packet loss of 5.93%
<span style="color: red;">●</span>	Sep 5th 2021, 21:15:49	Jitter of 18.01ms
<span style="color: red;">●</span>	Sep 5th 2021, 21:15:49	Latency of 131.78ms
<span style="color: orange;">●</span>	Sep 5th 2021, 21:15:49	Packet loss of 3.25%
<span style="color: orange;">●</span>	Sep 5th 2021, 21:14:47	Jitter of 7.94ms
<span style="color: orange;">●</span>	Sep 5th 2021, 21:14:47	Latency of 49.77ms

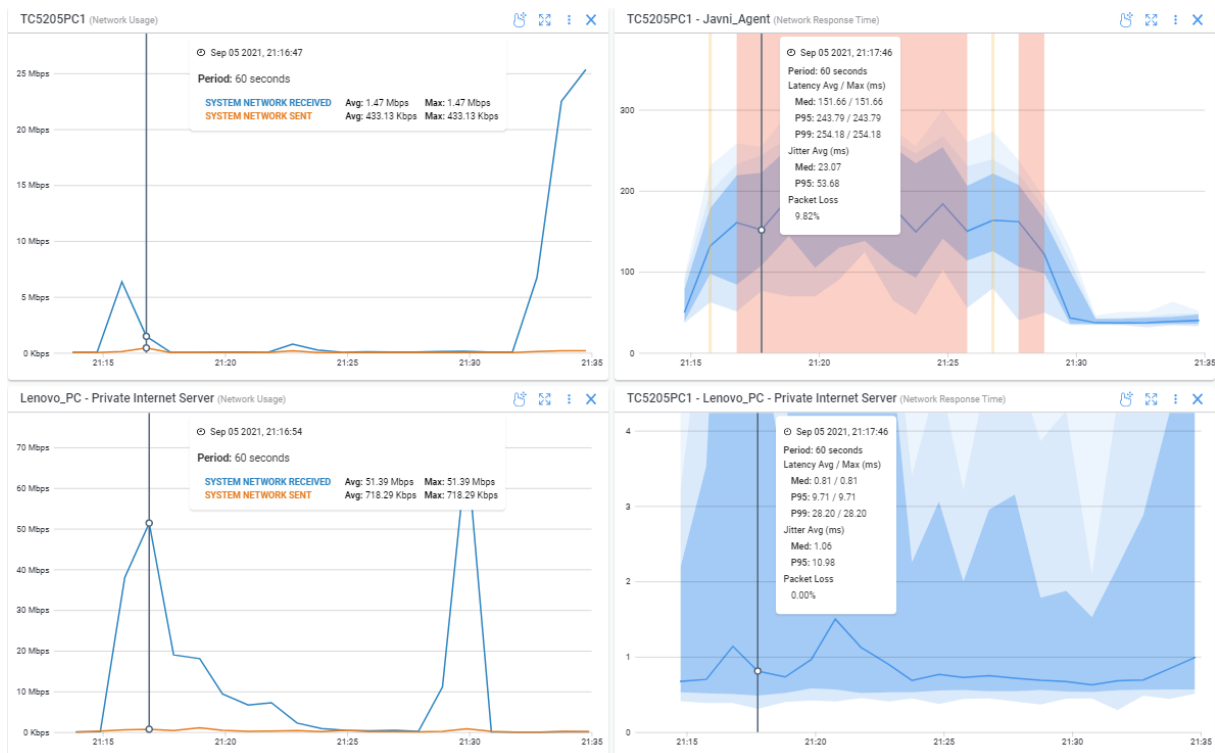
Slika 21 - Detalji problema prilikom opterećenja

Slika 22 grafički prikazuje vrijeme mrežnog odziva od privatnog prema javnom agentu, a iz koje je vidljivo da je u promatranom trenutku maksimalno kašnjenje doseglo 160 ms, srednja varijacija kašnjenja 25 ms, te je došlo do gubitka od 5,93% paketa. Nakon toga brzina preuzimanja na računalu „TC5205PC1“ drastično počinje padati, dok na računalu „Lenovo\_PC“ još nekoliko trenutaka raste, ali ne jednakim tempom. U trenutku kada je brzina preuzimanja na računalu „Lenovo\_PC“ na vrhuncu i počinje drastično padati, izmjerena vrijednost kašnjenja je 151 ms te analizirajući graf još će rasti, a varijacija kašnjenja iznosi 23 ms te je u ovom trenutku gubitak paketa skoro punih 10%, što je vidljivo iz slike 23.

Nakon što je zaustavljeno preuzimanje sadržaja s Interneta, došlo je do rasterećenja mreže, što je također vidljivo iz grafova na slici 23.



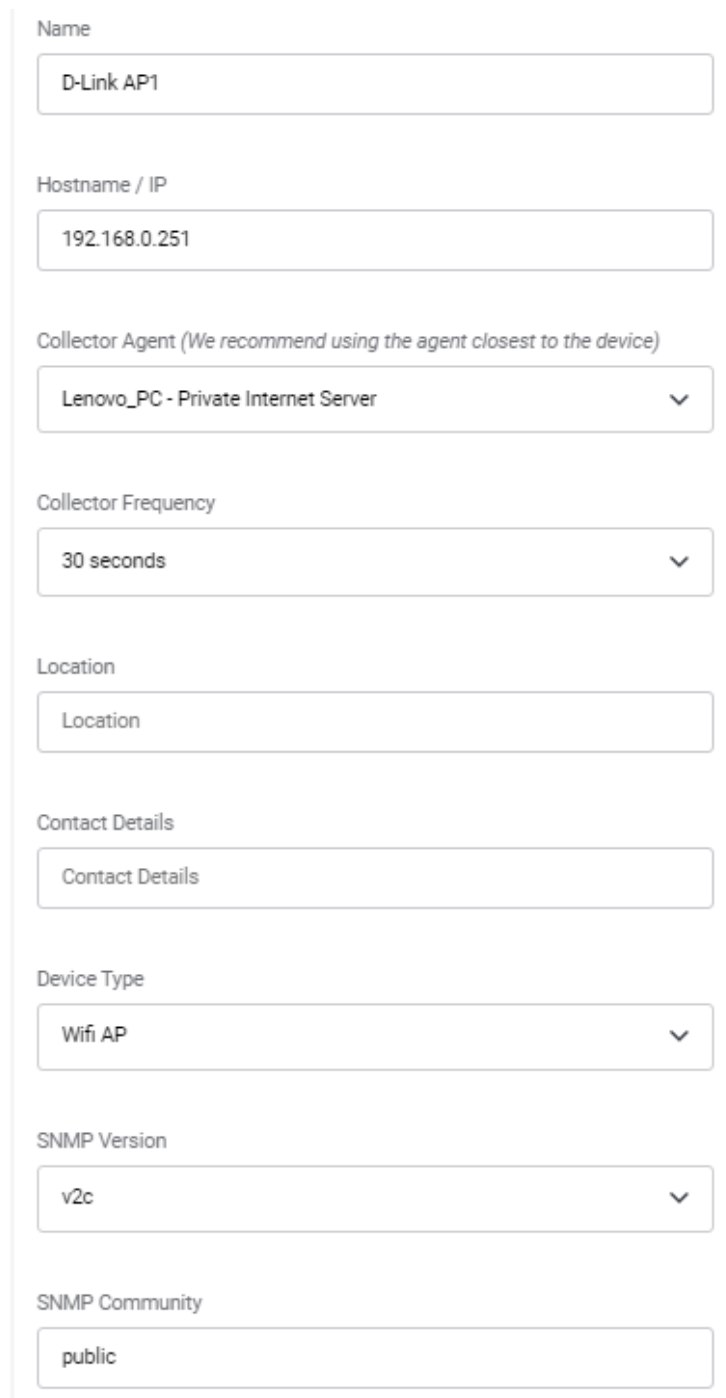
Slika 22 - Prikaz odziva prema javnom agentu



Slika 23 - Prikaz odziva mreže prema javnom agentu 2

### 5.3. Analiza slučaja nedostupnosti mrežnog sučelja

Kao i u prethodnom poglavlju konfigurirano je praćenje mrežnih performansi između agenta klijenta i javnog agenta. Računalo na kojem je instaliran pripadni klijentski program pristupa internetu preko bežične pristupne točke. Bežična pristupna točka dodana je kao mrežni uređaj u sučelju web aplikacije s nazivom i postavkama kako u nastavku prikazuje slika 24.



The image shows a configuration form for adding a network device. The form is organized into several sections, each with a label and a corresponding input field or dropdown menu. The fields are as follows:

- Name:** A text input field containing "D-Link AP1".
- Hostname / IP:** A text input field containing "192.168.0.251".
- Collector Agent (We recommend using the agent closest to the device):** A dropdown menu with "Lenovo\_PC - Private Internet Server" selected.
- Collector Frequency:** A dropdown menu with "30 seconds" selected.
- Location:** A text input field containing "Location".
- Contact Details:** A text input field containing "Contact Details".
- Device Type:** A dropdown menu with "Wifi AP" selected.
- SNMP Version:** A dropdown menu with "v2c" selected.
- SNMP Community:** A text input field containing "public".

Slika 24 - Dodavanje mrežnog uređaja

Simulacijom prekida mrežne veze bežične pristupne točke prema ostatku mreže i Internetu, nakon kraćeg perioda inicira se mrežni problem, odnosno događaj ispada mrežnog sučelja agentskog računala u prikazu praćenja mrežnih performansi, što prikazuje slika 25.

The screenshot displays a network monitoring interface. On the left, the 'Issue Details' section shows the issue was created on Sep 5th 2021 at 23:05:23 and its status is 'Session down'. On the right, the 'Monitoring Sessions' section lists a session for 'TP500 Javni\_Agent'. Below this, the 'Agents' section lists 'TP500 A1 Hrvatska' and 'Javni\_Agent Google Cloud'. At the bottom, a table lists the issue details:

Status	Date	Description
●	Sep 5th 2021, 23:05:23	Session down

Slika 25 - Prikaz mrežnog događaja

Također s obzirom da je i bežična pristupna točka dodana u praćenje uređaja, prikazuje se i odgovarajuća informacija u sekciji uređaja. Slika 26 prikazuje detaljan status mrežnog uređaja.

The screenshot shows a network monitoring dashboard for a device. The 'Devices' list on the left includes 'CABLE\_MODEM 192.168.0.1', 'D-Link AP1 192.168.0.251' (highlighted), and 'HP\_P3015 192.168.0.242'. The 'Device Details' section for 'D-Link AP1' shows the following information:

- NAME: D-Link AP1
- CONTACT DETAILS: -
- COLLECTOR AGENT: Lenovo\_PC - Private Internet Server
- LOCATION: -
- COLLECTOR FREQUENCY: 30 seconds
- HOSTNAME / IP: 192.168.0.251

The 'CPU Usage' section shows a message: 'There is no available data for this selection. SNMP Polling of CPU Usage is not available on all devices. If it is on your device but we don't get it, contact us at support@obkio.com.'

The 'Bandwidth Usage' section shows a table of network interfaces and their speeds:

Status	Name	Speed
●	eth0	10 Mbps
●	eth1	10 Mbps
●	br0	10 Mbps
●	wifi0	10 Mbps
●	ath0	10 Mbps

Slika 26 - Prikaz sekcije uređaja prilikom ispada mrežne veze

## 5.4. Test brzine mrežne veze

Kao što je već spominjano, test brzine mrežne veze moguće je provesti između bilo koja dva agenta bez obzira da li su privatni ili javni agenti.

Kod mjerenja provedenih na zadanoj mreži vidljivo je da je dio mreže spojen gigabitnim sučeljem, dok drugi dio koristi preklopnik maksimalne brzine 100 Mbps. Slika 27 prikazuje rezultate mjerenja iz čega se može iščitati da su računala „Lenovo\_PC“ i „TC5205PC1“ povezana na gigabitni preklopnik, a računalo „TP500“ spojeno je putem bežične pristupne točke te ima izmjerenu maksimalnu brzinu prijenosa podataka od 53 Mbps što znači da je riječ o bežičnoj pristupnoj točki koja radi na IEEE 802.11g standardu. Nadalje, ostala računala povezana su preklopnikom brzine do 100 Mbps što i odgovara izmjerenim vrijednostima unutar lokalne mreže ali i onima prema Internetu.

Speed Tests ⓘ

Agent A	Agent B	Speed A to B (Mbps)	Speed B to A (Mbps)	Status
Lenovo_PC - Private Internet Server	TC5205PC1	524.6	880.1	Success
TC5205PC1	Javni_Agent	13.6	69.5	Success
TC5205PC1	Javni_Agent	13.5	60.0	Success
TC5205PC1	Javni_Agent	13.5	58.8	Success
LapLepi	Lenovo_PC - Private Internet Server	-	-	Error
TC5205PC1	Lenovo_PC - Private Internet Server	938.6	733.9	Success
TC5536PC1	Lenovo_PC - Private Internet Server	94.1	94.9	Success
TC5205PC2	Javni_Agent	13.2	14.3	Success
Lenovo_PC - Private Internet Server	LapLepi	-	-	Error
TP500	Javni_Agent	14.4	53.0	Success
Lenovo_PC - Private Internet Server	Javni_Agent	14.6	139.5	Success
TC5205PC1	Javni_Agent	14.5	131.6	Success
TC5536PC1	Javni_Agent	14.7	89.2	Success
LapLepi	Javni_Agent	11.1	17.8	Success
Lenovo_PC - Private Internet Server	LapLepi	-	-	Error
Lenovo_PC - Private Internet Server	Javni_Agent	14.4	147.6	Success
Lenovo_PC - Private Internet Server	Javni_Agent	14.7	147.0	Success

Slika 27 - Rezultati mjerenja brzine mrežnih veza

## 6. ZAKLJUČAK

S obzirom da se računalne mreže iz dana u dan šire, a osim računala umrežavaju se i razni drugi uređaji, sve je veća potreba za alatima koji olakšavaju nadzor nad konfiguracijom i performansama računalnih mreža.

Čak i u jednostavnim scenarijima i jednostavnijim topologijama mreže može doći do poteškoća koje mogu uzrokovati zastoje u radu mreže i nezadovoljstvo krajnjih korisnika. Takav scenarij simuliran je za analizu zadane mreže u ovom radu, kako bi se istražile mogućnosti Obkio performance monitor softvera.

Prilikom istovremenog opterećenja mreže s više računala na način da je bilo pokrenuto više istovremenih sesija prijenosa velike količine podataka, počeli su se događati mrežni problemi, te su performanse mreže osjetno degradirale.

Obkio performance monitor detektirao je mrežne događaje te je iz grafičkog prikaza mrežnih performansi bilo moguće izvršiti detaljniju analizu problema. Također, simulacijom prekida jedne od mrežnih veza testirano je ponašanje Obkio sustava i pregled mrežnih događaja vezanih uz tu vezu i povezane mrežne uređaje.

Jednostavan modul za mjerenje brzine između dva agenta, bilo unutar lokalne mreže ili prema javnom agentu na Internetu, daje jasan pregled brzina prijenosa u oba smjera, te olakšava donošenje zaključaka o stanju i kvaliteti mrežnih veza.

Obkio performance monitor jednostavan je za implementaciju te ne zahtjeva mnogo tehničkog predznanja pri instalaciji i konfiguraciji. Prednost je što je Obkio usluga u oblaku pa je uz manje tehničke prilagodbe moguće nadzirati više udaljenih lokacija koje ne moraju biti povezane virtualnom privatnom mrežom. S obzirom da je usluga u oblaku, nadzor performansi moguće je vršiti i s udaljenih lokacija ili putem Obkio aplikacije na pametnom telefonu. Mana softvera je što nema funkcije otkrivanja mrežnih uređaja putem SNMP protokola niti prikaz mrežne topologije.

Obkio performance monitor se i dalje razvija te je moguće pretpostaviti da će neke funkcije biti poboljšane, a one koje nedostaju nadodane u budućim verzijama, što će Obkio učiniti još moćnijim alatom za nadzor performansi računalnih mreža.

## Literatura

- [1] IBM Cloud Education. Networking. Preuzeto sa: <https://www.ibm.com/cloud/learn/networking-a-complete-guide> [Pristupljeno: srpanj 2021].
- [2] True Cable. A Brief History of Network Technology. Preuzeto sa: <https://www.truecable.com/blogs/cable-academy/a-brief-history-of-network-technology#> [Pristupljeno: srpanj 2021].
- [3] Bažant, A., Gledec, G., Ilić, Ž., Ježić, G., Kos, M., Kunštić, M., Lovrek, I., Matijašević, M., Mikac, E., Sinković, V., Osnovne arhitekture mreža. Zagreb: Element, 2004.
- [4] Dye, M., McDonald, R., Ruff, A.W., Network fundamentals:CCNA exploration companion guide. Indianapolis: Cisco Press, 2008.
- [5] Mrvelj, Š. Slojevite arhitekture i norme umrežavanja otvorenih sustava. Preuzeto sa: [https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4374285/mod\\_resource/content/5/6.%20Predavanje\\_%20podatkovni%20promet.pdf](https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4374285/mod_resource/content/5/6.%20Predavanje_%20podatkovni%20promet.pdf) [Pristupljeno: srpanj 2021].
- [6] Router Switch Ltd. The functions and protocols of session layer. Preuzeto sa: <https://www.router-switch.com/faq/session-layer-the-functions-and-protocols.html> [Pristupljeno: kolovoz 2021].
- [7] Infoblox Inc. What is Layer 4 of the OSI Model: Transport Layer? Preuzeto sa: <https://www.infoblox.com/glossary/layer-4-of-the-osi-model-transport-layer/> [Pristupljeno: kolovoz 2021].
- [8] Infoblox Inc. What is Layer 3 of the OSI Model: Network Layer? Preuzeto sa: <https://www.infoblox.com/glossary/layer-3-of-the-osi-model-network-layer/> [Pristupljeno: kolovoz 2021].
- [9] Kavran, Z., Grgurević, I. Računalne mreže i Internet. Preuzeto sa: [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/R/Racunalne\\_mreze/Materijali/1\\_Predavanje.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/R/Racunalne_mreze/Materijali/1_Predavanje.pdf) [Pristupljeno: kolovoz 2021].
- [10] Sohailanwar. Computer Network Topology. Preuzeto sa: <https://computernetworktopology.com/network-topology/> [Pristupljeno: kolovoz 2021].

- [11] SolarWinds Worldwide LLC. What Is Network Topology? Best Guide to Types and Diagrams. Preuzeto sa: <https://www.dnsstuff.com/what-is-network-topology> [Pristupljeno: kolovoz 2021].
- [12] OmniSci Inc. Client-Server. Preuzeto sa: <https://www.omnisci.com/technical-glossary/client-server> [Pristupljeno: kolovoz 2021].
- [13] Jia, W., Zhou, W., Distributed Network Systems: From Concepts to Implementations. New York: Springer Science, 2005.
- [14] Tanenbaum, A.S., Wetherall, D.J., Computer Networks, 5th ed. SAD: Pearson Education, Inc., 2010.
- [15] Grgurević, I. Performanse računalnih mreža. Preuzeto sa: [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/R/Racunalne\\_mreze/VjezbeMaterijali/Performanse\\_racunalnih\\_mreza.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/R/Racunalne_mreze/VjezbeMaterijali/Performanse_racunalnih_mreza.pdf) [Pristupljeno: kolovoz 2021].
- [16] Peterson, L., Davie, B. Computer Networks: A Systems Approach. Preuzeto sa: <https://book.systemsapproach.org> [Pristupljeno: kolovoz 2021].
- [17] Mrvelj, Š. Internet. Preuzeto sa: [https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4374305/mod\\_resource/content/7/Internet20202021.pdf](https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4374305/mod_resource/content/7/Internet20202021.pdf) [Pristupljeno: srpanj 2021].
- [18] Obkio Inc. Obkio Monitoring Agents. Preuzeto sa: <https://obkio.com/docs/monitoring-agents/> [Pristupljeno: kolovoz 2021].
- [19] Obkio Inc. Network Device Monitoring. Preuzeto sa: <https://obkio.com/docs/network-device-monitoring/> [Pristupljeno: kolovoz 2021].
- [20] Obkio Inc. Network Performance Monitoring. Preuzeto sa: <https://obkio.com/docs/network-performance-monitoring/> [Pristupljeno: kolovoz 2021].



## POPIS SLIKA

Slika 1 – Komutirana komunikacijska mreža [4] .....	4
Slika 2 - Usporedba slojeva OSI i TCP/IP modela [4].....	8
Slika 3 - Primjer omatanja podataka prolaskom kroz slojeve TCP/IP modela [3]..	9
Slika 4 - Mrežna topologija od točke do točke [11] .....	11
Slika 5 - Zvezdasta mrežna topologija [11].....	12
Slika 6 - Sabirnička mrežna topologija [11] .....	13
Slika 7 – Mrežna topologija prstena [11] .....	14
Slika 8 – Mrežna topologija dvostrukog prstena [11].....	14
Slika 9 - Stablasta mrežna topologija [11] .....	15
Slika 10 - Isprepletana mrežna topologija [11] .....	16
Slika 11 - Kombinirana mrežna topologija [11] .....	17
Slika 12 - Podjela računalnih mreža prema obuhvatu područja [14] .....	19
Slika 13 - Definiranje agenta .....	28
Slika 14 - Odabir podatkovnog centra u oblaku.....	29
Slika 15 - Dodjeljivanje imena javnom agentu.....	29
Slika 16 - Odabir načina rada agenta .....	30
Slika 17 - Kreiranje privatno javne sesije.....	30
Slika 18 - Vrijeme odziva mreže i VoIP kvaliteta .....	31
Slika 19 - Mjerenje u stvarnom vremenu .....	32
Slika 20 - Pregled praćenih agenata .....	33
Slika 21 - Detalji problema prilikom opterećenja .....	34
Slika 22 - Prikaz odziva prema javnom agentu .....	35
Slika 23 - Prikaz odziva mreže prema javnom agentu 2.....	35
Slika 24 - Dodavanje mrežnog uređaja .....	36
Slika 25 - Prikaz mrežnog događaja.....	37
Slika 26 - Prikaz sekcije uređaja prilikom ispada mrežne veze .....	37
Slika 27 - Rezultati mjerenja brzine mrežnih veza.....	38

## POPIS KRATICA

ASP	AppleTalk Session Protocol Appleov protokol sesije
FTP	File Transfer Protocol Protokol za prijenos datoteka
Gbps	Gigabits per second Gigabita u sekundi
H.245	Call Control Protocol for Multimedia Communication Pozivni kontrolni protokol za multimedijску komunikaciju
HTTP	Hypertext Transfer Protocol Mrežni protokol aplikacijskog sloja za prijenos podataka (prikaz Internet stranica) između poslužitelja i klijenta
IMAP	Internet Message Access Protocol Internet protokol za dohvat e-pošte
LAN	Local Area Network Lokalna mreža
MAN	Metropolitan Area Network Mreža gradskog područja
MOS	Mean opinion score Mjera osjećaja kvalitete VoIP poziva
Mbps	Megabits per second Megabita u sekundi
ms	milisekunda
PAN	Personal Area Network Osobna mreža
POP3	Post Office Protocol 3 Protokol za primanje e-pošte
PPTP	Point-to-Point Tunneling Protocol Protokol od točke do točke
PSTN	Public Switched Telephone Network Javna komutirana telefonska mreža

QoS	Quality of Service Mjera kvalitete komunikacije
RFID	Radio Frequency Identification Identifikacija putem radiofrekvencijskog spektra
RTT	Round-trip time Vrijeme povratnog putovanja paketa
SaaS	Software as a service Softver kao usluga
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol Protokol za slanje e-pošte
SNMP	Simple Network Management Protocol Protokol za upravljanje mrežom
TCP	Transmission Control Protocol Protokol kontrole prijenosa
Telnet	Telnet Protokol koji omogućuje spajanje na udaljeno računalo
WAN	Wide Area Network Mreža širokog područja
Wi-Fi	Wireless Fidelity Oznaka za bežično povezivanje
WiMAX	Worldwide interoperability for microwave access) Svjetska interoperabilnost za mikrovalni pristup



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj **završni rad** isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom

**Analiza performansi računalne mreže uporabom Obkio network performance monitor programskog alata**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 8. rujna 2021.

Student:

---

(potpis)