

Mjerenje opterećenja informacijsko-komunikacijskih sustava u uvjetima intenzivnog izvođenja nastave na daljinu

Švrga, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:119:023598>

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

Ivan Švrga

**Mjerenje opterećenja informacijsko-komunikacijskih sustava u uvjetima
intenzivnog izvođenja nastave na daljinu**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, rujan 2020.

Zagreb, 11. rujna 2020.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5777

Pristupnik: **Ivan Švrga (0135243598)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Mjerenje opterećenja informacijsko-komunikacijskih sustava u uvjetima intenzivnog izvođenja nastave na daljinu**

Opis zadatka:

U završnom radu analizirat će se problematika mjerenja kvalitete informacijsko-komunikacijskih sustava. Opisat će se značajke izvođenja nastave na daljinu i načini mjerenja preopterećenja informacijsko-komunikacijskih sustava. Posebna će se pažnja posvetiti mjerenju preopterećenja u uvjetima izvođenja nastave na daljinu u visokom obrazovanju uz opis studije slučaja pod nazivom: "Utjecaj opterećenja na izvođenje nastave na daljinu".

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:


doc. dr. sc. Ivan Grgurević

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**MJERENJE OPTEREĆENJA INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKIH
SUSTAVA U UVJETIMA INTENZIVNOG IZVOĐENJA NASTAVE NA
DALJINU**

**MEASUREMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION
SYSTEM LOAD IN THE INTENSIVE REMOTE TEACHING
CONDITIONS**

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Grgurević

Student: Ivan Švrga

JMBAG: 0135243598

Zagreb, rujan 2020.

MJERENJE OPTEREĆENJA INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKIH SUSTAVA U UVJETIMA INTENZIVNOG IZVOĐENJA NASTAVE NA DALJINU

SAŽETAK:

Tema završnog rada je provođenje mjerenja opterećenja informacijsko-komunikacijskih (IK) sustava u uvjetima izvođenja nastave na daljinu. U početnom dijelu rada opisan je princip rada nastave na daljinu te se navode parametri i mehanizmi kvalitete usluga. Također se analiziraju parametri kvalitete usluge i njihove granice. Nadalje je opisan programski mrežni alat kojim se promatraju i analiziraju parametri mrežne usluge. Opisana su mjerenja koja su se odvijala u preopterećenju elektroničkih komunikacijskih mreža.

KLJUČNE RIJEČI:

Mjerenje opterećenja; nastava na daljinu; kvaliteta usluge; utjecaj opterećenja.

MEASUREMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEM LOAD IN THE INTENSIVE REMOTE TEACHING CONDITIONS

SUMMARY:

This final paper is about measurements of overload in information and communication (ICT) systems in conditions of online school. First part of the paper describes modes of operation in online school and introduces parameters and mechanisms of quality of service. It also mentions parameters of quality of service and their limits. Further is described network tool used for observation and analysis of network services. Taken measurements in ICT network overload are also described in the paper.

KEY WORDS:

Overload measurement; remote learning; quality of service; overload influence.

Sadržaj

1.	UVOD.....	1
2.	Problematika mjerenja kvalitete informacijsko-komunikacijskih sustava	3
2.1	Parametri razine usluge	4
2.1.1	Širina pojasa (bandwidth)	4
2.1.2	Kašnjenje (<i>latency</i>).....	5
2.1.3	Varijacije kašnjenja (<i>jitter</i>)	5
2.1.4	Gubitci (<i>loss</i>)	6
2.2	Mehanizmi kvalitete usluge	6
2.2.1	IntServ mehanizmi	6
2.2.2	DiffServ mehanizmi.....	7
3.	Značajke izvođenja nastave na daljinu	8
3.1	Mogućnosti primjene ICT-a u visokom obrazovanju	9
3.2	Platforme i aplikacije za nastavu na daljinu	10
3.2.1	Merlin (<i>Moodle</i>)	10
3.2.2	Zoom	12
3.3	Prednosti i nedostaci nastave na daljinu	14
3.3.1	Prednosti nastave na daljinu.....	14
3.3.2	Nedostaci nastave na daljinu	14
4.	Načini mjerenja preopterećenja informacijsko-komunikacijskih sustava.....	15
4.1	PRTG	15
4.1.1	Postavljanje uređaja	16
4.1.2	Postavljanje senzora za mjerenje <i>QoS</i>	18
4.2	Zoom statistika kvalitete usluga unutar aplikacije	21

5.	Mjerenje opterećenja u uvjetima izvođenja nastave na daljinu u visokom obrazovanju	26
5.1	Prekomjerna varijacija kašnjenja	27
5.2	Promatranje zagušenja kroz vrijeme.....	29
6.	Studija slučaja: Utjecaj opterećenja na izvođenje nastave na daljinu.....	31
6.1	Utjecaj opterećenja na izvođenje nastave putem aplikacije <i>Zoom</i>	31
6.2	Prijenos uživo	33
7.	Zaključak.....	35
	Literatura.....	36
	Popis slika.....	38

1. UVOD

Zbog pojave virusa COVID-19 došlo je do zatvaranja skoro svih obrazovnih ustanova u svijetu. Zbog takve odluke došlo je do velikog povećanja korištenja nastave na daljinu. Nastava na daljinu može se odvijati na mnogo načina, a najčešći oblik je web konferencija¹. Zbog takvog prisilnog korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija dolazi do zagušenja elektroničke komunikacijske mreže. Zbog zagušenja mreže dolazi do pada kvalitete učenja na daljinu.

Cilj završnog rada je provedba mjerenja opterećenja u uvjetima izvođenja nastave na daljinu, te prikaz i opis dobivenih rezultata mjerenja.

Svrha završnog rada je ispitati utjecaj opterećenja prilikom izvođenja nastave na daljinu u elektroničkoj komunikacijskoj mreži.

Završni rad se sastoji od sljedećih sedam (7) poglavlja:

1. Uvod
2. Problematika mjerenja kvalitete informacijsko-komunikacijskih sustava
3. Značajke izvođenja nastave na daljinu
4. Načini mjerenja preopterećenja informacijsko-komunikacijskih sustava
5. Mjerenje preopterećenja u uvjetima izvođenja nastave na daljinu u visokom obrazovanju
6. Studija slučaja: Utjecaj opterećenja na izvođenje nastave na daljinu
7. Zaključak

Uvodno poglavlje daje osnovnu sliku o radu te definira, svrhu, cilj i strukturu rada.

U drugom poglavlju opisuje se problematika mjerenja kvalitete informacijsko-komunikacijskih sustava. Uvodi se u kvalitetu izvođenja i parametre kao što su *bandwidth*, *jitter*, *packet loss* i ostali.

U trećem poglavlju se opisuju značajke izvođenja nastave na daljinu. Spominju se platforme i aplikacije za izvođenje kao što su Merlin i Zoom. Također se govori o prednostima i nedostacima nastave na daljinu.

¹ Web konferencija je način komunikacije na daljinu u kojem voditelj konferencije ima mogućnost prikaza prezentacije.

U četvrtom poglavlju govori se o mrežnim alatima za mjerenje kvalitete usluga. Prikazuje se korištenje *PRTG* mrežnog alata i korištenje *Zoom* integriranog mjerenja kvalitete usluge.

U sedmom poglavlju, zaključku, sintetizirane su sve informacije prikupljene i obrađene tijekom izrade završnog rada.

Na kraju rada nalazi se Literatura koja daje uvid u sve članke, analitike i internetske stranice korištene za izradu završnog rada.

2. Problematika mjerenja kvalitete informacijsko-komunikacijskih sustava

Kvaliteta usluge i pojmovi koji je opisuju (parametri, mjere, upravljački mehanizmi) predstavljaju bitne elemente pružanja bilo koje usluge. Kvaliteta usluge ili QoS (engl. *Quality of Service*) je skup karakteristika koje određuju korisnikov stupanj zadovoljstva uslugom. Parametri kvalitete su korisnički orijentirani. Iako parametri kvalitete usluge određuju stupanj kvalitete usluge, isti ti parametri ne moraju biti razumljivi korisniku.

Ciljevi razine usluge (engl. *Grade of Service*) od točke do točke (engl. *Point to point*) određuju se kvalitetom usluge. Kod određivanja standarda kvalitete usluga ključni problem koji treba riješiti je podijeliti vrijednosti razine usluge na svaki mrežni element tako da se postigne krajnja vrijednost kvalitete usluge od kraja do kraja (engl. *end-to-end*). Razina usluge ne mora nužno opisivati i ciljeve razine usluge. Razina usluge i ciljevi razine usluge su koncepti koji imaju drugačije točke promatranja. Razina usluge je promatrana s gledišta korisnika, dok su ciljevi razine usluge promatrani s gledišta mreže u kojoj se odvija komunikacija. [1]

Kvaliteta usluge (QoS) može se opisati kao sposobnost mreže može li pružiti zadovoljavajuću razinu usluge koja je potrebna na nesmetan rad aplikacije ili nekog drugog servisa. Različite aplikacije imaju različite zahtjeve koji se odnose na upravljanje prometom u mreži. Prilikom rutiranja informacije kroz mrežu, te aplikacije su odredile zadovoljavajuće vrijeme koliko informacija putuje kroz mrežu. Vremena su podijeljena u tri kategorije. Prva kategorija je interakcija čovjeka s računalom, kao na primjer interaktivne web aplikacije. Druga kategorija su automatizirane radnje. Treća kategorija je pri prenošenju multimedijских datoteka putem Interneta. Aplikaciji je potrebno određeno vrijeme slanja paketa koje je ograničena varijacijom kašnjenja. Brzina prijenosa je potrebna kako bi multimedijска datoteka zadržala svoj smisao. [2]

Aplikacije pri korištenju generiraju promet. Taj promet se generira različitim brzinama, ovisno o aplikaciji, i očekuje da mreža kojom se prenosi promet bude sposobna za prijenos prometa brzinom kojom ga aplikacija generira.

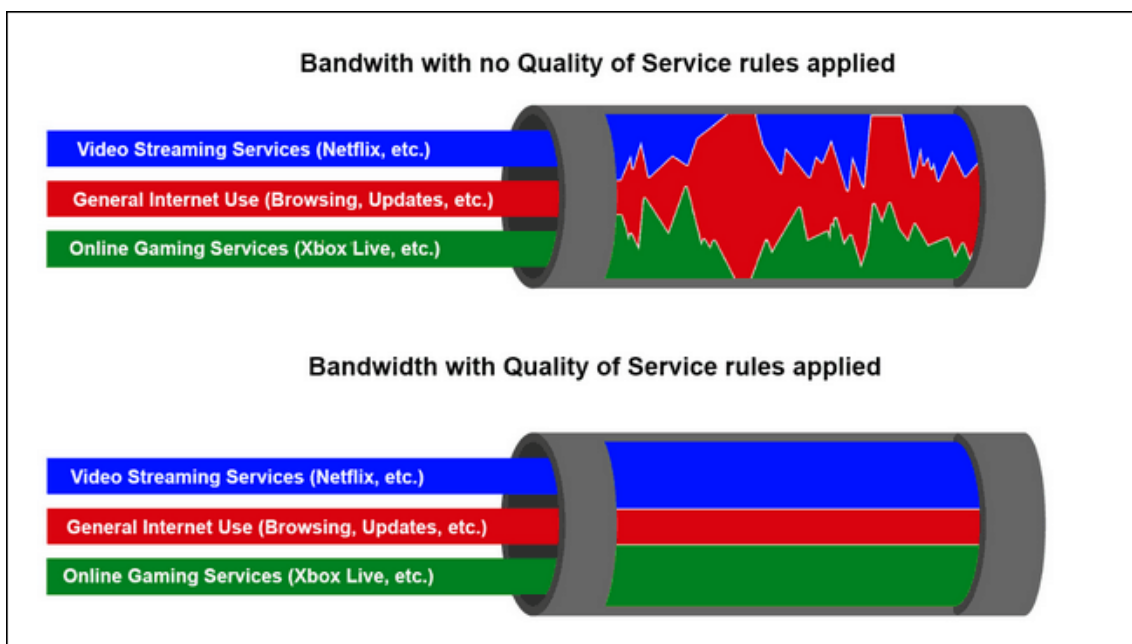
Osnovni elementi koncepta QoS se dijele na značajke kvalitete usluge (engl. *QoS characteristics*) i parametre kvalitete. Parametri su značajke kvalitete koje se definiraju jednoznačno s jasnim granicama. Parametri se koriste u izražavanju kvalitete dodjeljivanjem znamenaka koje predstavljaju razinu performansi koje parametri pokazuju. Oni mogu biti izraženi u jednoj ili više mjernih jedinica. Značajke kvalitete ne mogu se definirati kao parametri ako se mogu mjeriti objektivno.

2.1 Parametri razine usluge

Kao što je navedeno razne aplikacije imaju razne zahtjeve za optimalan rad i iskustvo korisnika pri korištenju aplikacije. Kako bi se razina usluge što bolje definirala, definirani su parametri razine usluge. Parametri se dijele na širinu pojasa (engl. *Bandwidth*), kašnjenje (engl. *Latency, delay*), varijaciju kašnjenja (eng. *Jitter*) i gubitke (eng. *Loss*). [3]

2.1.1 Širina pojasa (bandwidth)

Širina pojasa ili *bandwidth* definira se kao maksimalna količina prometa koja može biti prenesena. Također, definira se kao i brzina kojom promet generiran od strane aplikacije mora biti prenesen kroz mrežu. Širinom pojasa se omogućuje da promet ne prekorači ograničenja mreže. [3]



Slika 1. Vizualni prikaz širine pojasa [4]

Na slici 1. slikovito je prikazan *bandwidth*, prvo u nekontroliranim uvjetima, a zatim u kontroliranim granicama propisanim uvjetovanom kvalitetom usluga.

2.1.2 Kašnjenje (*latency*)

Kašnjenje je vrijeme koje je potrebno da poslani paket dođe od polazišta do odredišta. U to vrijeme se ubraja i vrijeme posluživanja i vrijeme čekanja paketa. Jedan od najčešće spominjanih parametara među korisnicima. Kašnjenje se također može definirati i kao maksimalno vrijeme koje aplikacija može tolerirati u isporuci paketa. Na kašnjenje mogu utjecati mnogi čimbenici, a oni su:

- Kašnjenje zbog kodiranja i dekodiranja
- Kašnjenje zbog komprimiranja i dekomprimiranja
- Kašnjenje zbog paketizacije i depaketizacije
- Kašnjenje zbog prijenosa na linku
- Kašnjenje zbog propagacije
- Kašnjenje zbog usmjeravanja u čvorovima i
- Kašnjenje zbog čekanja u međuspremnicima rutera.

Komponente kašnjenja se dijele na fiksne i varijabilne. Fiksne komponente imaju predvidljivo kašnjenje, dok varijabilna kašnjenja ovise o opterećenju čvorova i o ostalim mrežnim elementima. [3]

2.1.3 Varijacije kašnjenja (*jitter*)

Varijacije kašnjenja se definiraju kao razlika u kašnjenju između paketa iste sesije. Prema ITU-T Y.1315 varijacije se dijele na tri kategorije: maksimalna varijacija kašnjenja, prosječna varijacija kašnjenja i medijan varijacije kašnjenja. Kada bi se poslali paketi iz istog polazišta u isto odredište paketi putuju svojom rutom i razlika u dolascima paketa se naziva *jitter*. [3]

2.1.4 Gubitci (loss)

Neke aplikacije ne bi funkcionirale ispravno ili ne bi funkcionirale uopće ako bi broj izgubljenih paketa bio veći od zadanog. Do gubitka paketa dolazi kada dođe do zagušenja mreže, a to može biti izazvano čekanjem u redovima za usmjeravanje. Neke aplikacije smatraju da je paket izgubljen ako paket prekasno stigne. [3]

2.2 Mehanizmi kvalitete usluge

Internet je originalno dizajniran da podrži *Best effort*² uslugu. Značajke *Best effort* usluge su da se ne radi nikakva razlika između aplikacije i korisnika. Takva usluga je povoljna za elastičan promet kao npr. e-mail, web promet i slanje podataka. Aplikacije koje koriste takvu uslugu imaju mala ograničenja na ciljeve razine usluge. S vremenom su se pojavile aplikacije osjetljive na performanse mreže. To su videokonferencija, video na zahtjev i VoIP (engl. *Voice over Internet Protocol*)³. Takve aplikacije imaju stroge zahtjeve za razinu usluge koja im je potrebna. [5]

Prilikom vršnih prometnih opterećenja od svih korisnika od jednom uvode se mehanizmi koji će upravljati tim situacijama i koji povezuju zahtijevani kapacitet prijenosa i zahtijevanu kvalitetu usluge. Mehanizmi koji mogu biti upotrijebljeni osigurati ugovorene vrijednosti parametara kvalitete usluge su IntServ (engl. *Integrated Services*) model i DiffServ (engl. *Differentiated Services*) model. [5]

2.2.1 IntServ mehanizmi

IntServ mehanizmi temelje se na RSVP (engl. *Resource Reservation Protocol*) protokolu koji se koristi za rezervaciju resursa tijekom prijenosa paketa jednim tokom ili više tokova. Kako bi se resursi rezervirali koristi se poruka pomoću koje se najavljuje zahtjev za

² Model prijenosa podataka gdje se svaki paket u mreži tretira jednako, te se pretpostavlja da će biti obrađeni.

³ Naziv za komunikacijsku tehnologiju koja omogućava prijenos zvučne komunikacije preko internetske mreže.

rezervacijom resursa. Nakon omogućenog pristupa toka mreži, dodjeljuje mu se zahtijevani kapacitet i osiguravaju zahtijevane vrijednosti parametara kvalitete. [5]

IntServ, osim signalizacije, zahtijeva funkcije na ruterima, a to su:

- Kontrola može li se na svakom toku dobiti tražena razina usluge bez utjecaja na postojeće rezervacije
- Prepoznavanje paketa s određenom zahtijevanom razinom usluge
- Upravlja paketima koji ne zadovoljavaju razinu usluge
- Čekanje u redu [5]

2.2.2 DiffServ mehanizmi

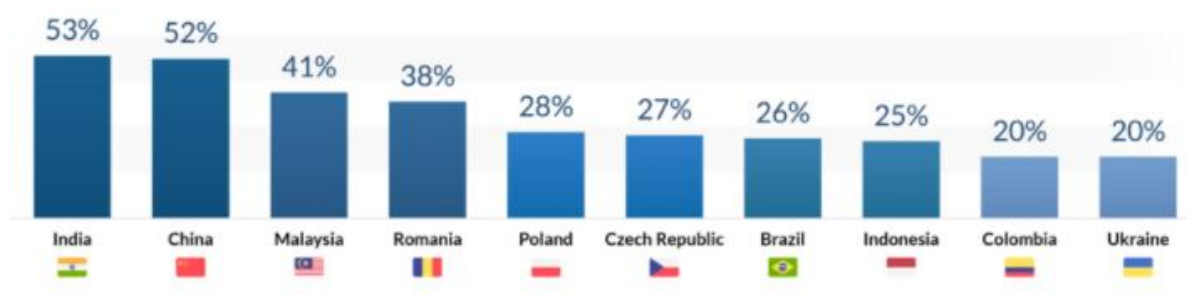
DiffServ mehanizam se temelji na pretpostavci da je Internet skup neovisnih mreža koje su upravljane od jednog pružatelja usluga. Glavni cilj ovog modela je da osigura razinu usluge korisnicima mreže. DiffServ arhitektura sadrži mnogo elemenata kao što su krajnji elementi i elementi jezgre mreže. Temeljni procesi DiffServ arhitekture su:

- Klasifikacija prometa,
- Prilagođavanje prometa uvjetima,
- Upravljanje redovima,
- Tehnike raspoređivanja [5]

3. Značajke izvođenja nastave na daljinu

Nastava na daljinu je pomoć u obrazovanju. Može se definirati kao učenje primjenom mrežne tehnologije, a posebno web tehnologije.

Povijest nastave na daljinu spominje se još od sredine 20. stoljeća. 1953. *University of House* uvelo je nastavu na daljinu preko televizijskih programa. Godine 1989. *University of Phoenix* je prva institucija koja je pružila visoko obrazovanje putem Interneta. Napretkom tehnologije rastao je i broj pristupnika takve vrste obrazovanja. Porast nastave na daljinu posebice imaju utjecaj na visoko obrazovanje. Zbog bolje pristupačnosti prosječna dob studenata u *University of Phoenix* je 33 godine. [6]



Slika 2. Države s najvećim postotkom usvajanja nastave na daljinu [7]

Na slici 2. je prikazan postotak usvajanja nastave na daljinu po državama. Prema slici vidimo da su istočnije države puno bolje usvojile takav oblik nastave.

Reforma obrazovanja u Hrvatskoj je počela 2016. godine, dok je u 2017. godini u reformu uključena i digitalna transformacija u koju spada poboljšanje digitalnih vještina učenika, nastavnika i drugog osoblja škole. Za provođenje nastave na daljinu preduvjet je bio uvođenje jedinstvenog elektroničkog identiteta (AAI@EduHr⁴) svim učenicima, studentima i djelatnicima škola. [8]

Početak ožujka 2020. godine Ministarstvo znanosti i obrazovanja počelo je s provedbom nastave na daljinu u Hrvatskoj. Pripremu nastave na daljinu je vodilo Ministarstvo znanosti i obrazovanja, a također su sudjelovali i Hrvatska akademska i istraživačka mreža (CARNET), Sveučilišni računski centar (SRCE), Agencija za odgoj i obrazovanje (AZOO), Agencija za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih (ASOO) i Agencija za mobilnost i programe EU

⁴ Autentifikacijska i autorizacijska infrastruktura sustava znanosti i visokog obrazovanja u Republici Hrvatskoj.

(AMPEU). Prioritet je bila prilagodba sadržaja za provedbu nastave kako bi nastavnici imali vremena prilagoditi se situaciji i uspostaviti način komunikacije s učenicima ili studentima. [8]

Učenici do 5. razreda osnovne škole su nastavu na daljinu obavljali preko javne televizije, jer se zaključilo da nisu spremni samostalno koristiti digitalne alate i materijale. Komunikacija nastavnika i učenika se odvijala preko roditelja s kojim su stupili u kontakt preko društvenih mreža ili slično. [8]

Učenicima od 5. razreda osnovne škole, i nadalje, izrađene su kratke video lekcije pomoću kojih bi učenici do kraja školske godine trebali ostvariti sve ishode učenja prema zadanim predmetnim kurikulumima. Posebno se pazilo na maturante koji su video lekcije imali i subotom.

Pojam nastave na daljinu usko je povezan i s pojmom e-učenje. Pod e-učenje smatra se pristup koji olakšava i poboljšava proces učenja pomoću informacijsko-komunikacijskih tehnologija. U informacijsko-komunikacijske tehnologije podrazumijeva se korištenje računala, telekomunikacija i Interneta. [9]

3.1 Mogućnosti primjene ICT-a u visokom obrazovanju

Obrazovanje u visokom školstvu strukturirano je po tradicionalnom modelu. Aktivnosti koje se moraju replicirati u nastavi na daljinu su predavanja, auditorne i laboratorijske vježbe, seminari, konzultacije i provjere znanja.

Razina primjene nastave na daljinu ovisi o inicijativama nastavnika i visokog učilišta. Zbog toga postoji nejednolikost u količini i kvaliteti primjene IT-a, što se negativno odražava na daljnji razvoj. Trenutno ne postoji neki minimalni standard koji mora biti zadovoljen kako bi se službeno propisala najniža razina i kvaliteta primjene IT-a u obrazovanju. [9]

Vrste digitalnih materijala:

- Digitalni udžbenik
- Digitalna skripta
- Digitalna zbirka zadataka
- Digitalna zbirka primjera

- Pripreme, materijali i upute za laboratorijske vježbe
- Zbirka simulacija
- Zbirka animacija
- Digitalni katalog materijala na pojedinu temu
- On-line tečaj i
- Virtualne ture [9].

U gore navedenu listu digitalnih materijala mogu se dodati forumi za raspravu, *mailing* liste i pričaonice (engl. *Chatrooms*). Te dodatne vrste digitalnih materijala predstavljaju mogućnosti komunikacije učenika/studenta s nastavnikom. Takva je komunikacija u nekim aspektima praktičnija jer ostavlja pisani trag. Usmeni dijelovi ispita se također obavljaju na daljinu putem poziva. [9]

3.2 Platforme i aplikacije za nastavu na daljinu

Kako bi se nastavnicima i studentima omogućio brži rad i kvalitetnija suradnja, nastava na daljinu temelji se na platformama i aplikacijama koje to omogućuju. Platforme su jednostavne za korištenje, a aplikacije potrebne za nastavu na daljinu mogu se instalirati na gotovo svaki mobilni uređaj. Najrašireniji i najpoznatiji ovakav sustav je *Moodle*, a aplikacija *Zoom*. [10]

3.2.1 Merlin (*Moodle*)

Merlin je najpoznatija aplikacija za učenje u Hrvatskoj. Definicija Merlina je: sustav za elektroničko učenje koji je uspostavljen radi izvođenja kolegija sveučilišnih studija uz primjenu komunikacijske tehnologije. U funkciji je već deset godina i na njemu se nalaze gotovo svi e-kolegiji u visokom obrazovanju Republike Hrvatske. [10]

Njegov rad zasniva se na gore navedenom sustavu *Moodle*. *Moodle* je sustav otvorenog koda koji je doraden i prilagođen od strane poslužitelja Srce (Sveučilišni računski centar). Merlin je povezan s informacijskim sustavom visokih učilišta (ISVU).

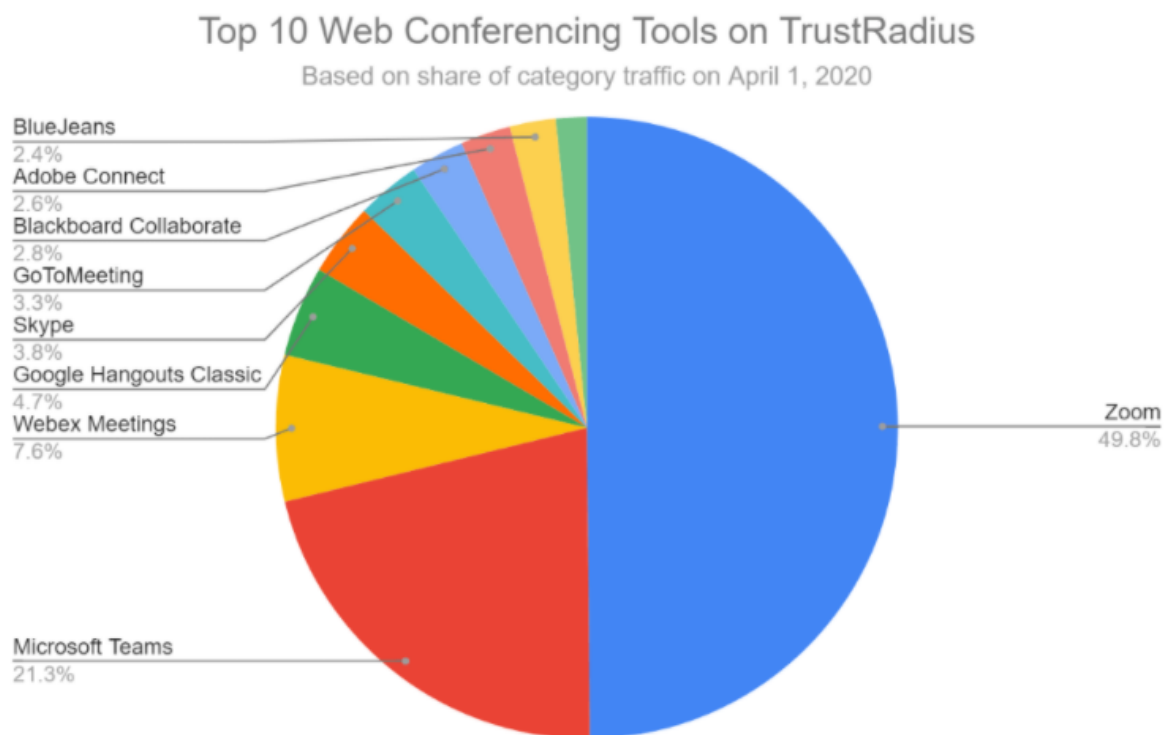
Student od visokog učilišta kojeg pohađa mora dobiti elektronički identitet (AAI@EduHr) kako bi mogao pristupio određenom sadržaju. Svaki korisnik sustava Merlin ima svoju ulogu.

Svaki nastavnik upravlja materijalima samo onim kolegijima koji su im pripisani i čiji su nositelji ili su povezani s tim kolegijima. Nastavnicima je omogućen kompletan pristup svim materijalima i sadržajima kolegija. Materijale mogu dodavati, brisati, izmjenjivati. Nastavnici također imaju i mogućnost ocjenjivati studente putem Merlina.

Student ima pravo na pristup materijalima kolegija samo ako je upisao taj kolegij. Studenti nemaju ovlasti za izmjenu materijala, nego imaju ovlasti samo koristiti već postavljene materijale.

3.2.2 Zoom

U 2020. godini aplikacija *Zoom* postala je jedna od najpopularniji i najkorištenijih aplikacija za video konferencije. *Zoom* omogućava virtualnu komunikaciju koja je mnogo olakšala izvođenje nastave na daljinu.



Slika 3. Zastupljenost aplikacija za udaljenu komunikaciju [11]

Uz veliku potražnju porasla je i ponuda aplikacija za komunikaciju. Na slici 3. su prikazane najzastupljenije aplikacije koje su se koristile. Prema slici vidimo da aplikacija *Zoom* ima daleko najveću zastupljenost od čak 48,8 % ukupnog prometa generiranog od strane svih navedenih aplikacija sa slike. Sljedeća najveća aplikacija *Microsoft Teams* ima zastupljenost od 21,3 %. što je i dalje puno zastupljenije od iduće aplikacije koja je zastupljena 7,6 %.

Glavne značajke su:

- Individualni pozivi
- Grupni video pozivi – maksimalni kapacitet od 500 ljudi istovremeno u plaćenju verziji, dok je u besplatnoj verziji maksimalni kapacitet 100 ljudi i poziv je ograničen na 40 minuta i

- Dijeljenje zaslona – dijeljenje zaslona uređaja u individualnom pozivu ili u grupnom.
[10]

Propusnost aplikacije će biti optimizirana prema mreži kojom se korisnik spaja. Automatski će se prilagoditi za 3G, Wi-Fi ili klasično žično spajanje.

Preporučena propusnost za sastanke/predavanja i voditelje predavanja:

- Individualni pozivi
 - 600 kbps za video visoke kvalitete
 - 1,2 Mbps za 720p HD video
 - 1,8 Mbps za primanje 1080p HD videa
 - 1,8 Mbps za slanje 1080p HD videa
- Grupni video pozivi
 - 800 kbps do 1.0 Mbps za video visoke kvalitete
 - 1,5 Mbps za 720p HD videa
 - 2,5 Mbps za primanje 1080p HD videa
 - 3,0 Mbps za slanje 1080p HD videa
- 50 – 75 kbps za dijeljenje ekrana bez minijature videozapisa (eng. *Thumbnail*)
- 50 – 150 kbps za dijeljenje ekrana s minijaturom videozapisa
- 60 – 80 kbps za *VoIP* [8]

Preporučena propusnost za pristupnike predavanja:

- 600 kbps za individualne pozive visoke kvalitete
- 1,2 Mbps za individualne pozive HD kvalitete
- 50 – 75 kbps za dijeljenje ekrana bez minijature videozapisa
- 50 – 150 kbps za dijeljenje ekrana s minijaturom videozapisa [13]

3.3 Prednosti i nedostaci nastave na daljinu

Nastava na daljinu ima svoje pozitivne i negativne strane. Takva nastava često nailazi na razne izazove koji se pokušavaju riješiti na optimalan način (pitanje efikasnosti). Također nastava na daljinu se sve više prihvaća u društvu zbog uštede vremena i fleksibilnosti koju ona pruža.

3.3.1 Prednosti nastave na daljinu

Kao što je već navedeno neke glavne prednosti nastave na daljinu su vremenska i prostorna fleksibilnost. Uklanjaju se geografska ograničenja. Kako bi pristupili nastavi potrebno se samo prijaviti u sustav. Jedini preduvjet koji student mora ispuniti je stabilna internetska veza i terminalni uređaj. Uklanjaju se vremenska ograničenja što omogućava nastavnicima i studentima da sami organiziraju svoj raspored. Nastava na daljinu studentu pruža potpunu slobodu jer nisu primorani biti fizički pristupni na nastavi.

3.3.2 Nedostaci nastave na daljinu

Iako je studentima pružena potpuna sloboda, studente je potrebno motivirati kako bi savjesno obavljali svoje dužnosti. Nedostatak je duga priprema materijala koja je potrebna za izvođenje nastave na daljinu. Zbog naglog prelaska s tradicionalnog održavanja nastave na nastavu na daljinu dolazi do čestih prekida internetske veze zbog neadekvatne mrežne infrastrukture. S tehničke strane nedostatak je velika zagušenost sustava za održavanje nastave na daljinu.

4. Načini mjerenja preopterećenja informacijsko-komunikacijskih sustava

Aplikacije za mjerenje koje su se koristile u funkciji izrade završnog rada su:

- PRTG i
- *Zoom* statistika kvalitete usluga unutar aplikacije (integrirano u aplikaciji).

4.1 PRTG

PRTG je mrežni alat za praćenje mrežne podrške. Može nadzirati i klasificirati uvjete sustava kao što su upotreba propusne širine ili produženje rada i prikupljanje statistike od raznih *hostova*. Korištena verzija alata je 20.3.61.

PRTG dolazi s više od 200 različitih senzora kojima se mogu pratiti specifični sustavi, standardni sustavi, *bandwidth*. Moguće je i konfigurirati i prilagođeni senzor za posebne potrebe korištenja. PRTG dolazi s već konfiguriranim senzorima za uobičajene slučajeve korištenja.



Slika 4. Sve mogućnosti praćenja PRTG-a [9]

Slika 4. prikazuje sve mogućnosti PRTG mrežnog alata. PRTG omogućuje praćenje i analiziranje kvalitete usluga, servise u oblaku (engl. *cloud services*)⁵, web stranice, zahtjeve prema bazi podataka, opterećenja procesorske jedinice uređaja, korištenje radne memorije uređaja, korištenje memorije pohrane, okoline, ukupnog vremena korištenja, status i *bandwidth*.

4.1.1 Postavljanje uređaja

Pri početku analize mreže potrebno je dodati uređaje u infrastrukturu mreže. Ti uređaju najčešće uključuju ključne uređaje kao primjerice router, switch, VPN (engl. *Virtual Private*

⁵ Informatička tehnologija koja opisuje pružanje infrastrukture za pohranu podataka putem Interneta.

Network)⁶, vatrozid. Također treba dodati i osnovne mrežne servise, a to su DHCP (eng. *Dynamic Host Configuration Protocol*)⁷ i DNS (eng. *Domain Name System*)⁸.

Kao primjer će se napraviti mjerenje QoS parametara pomoću aplikacije Zoom. Potrebno je konfigurirati senzor koji će promatrati i bilježiti statistike. Konfigurirani senzor također može prikazati i status aktivnosti poziva, status klijenta, status portala, status razgovora putem poruka i status cijelog sastanka.

The image shows a configuration interface for a REST API sensor. It is divided into several sections:

- REST Specific:** Contains radio button options for Request Method (GET selected), Request Protocol (HTTPS selected), Certificate Acceptance (Accept all certificates selected), Authentication Method (No authentication selected), HTTP Headers (Do not use custom HTTP headers selected), Timeout (Sec.) (60), REST Query (/api/v2/components.json), and REST Configuration (zoom.status.template).
- Proxy Settings for HTTP Sensors:** Includes a toggle for 'inherit from Zoom' (checked) and a text field for proxy details: (Name: <empty>, Port: 8080, User: <empty>).
- Scanning Interval:** Includes a toggle for 'inherit from Zoom' (unchecked) and a text field for 'Scanning Interval' (10 minutes).

Slika 5. Prikaz postavka senzora

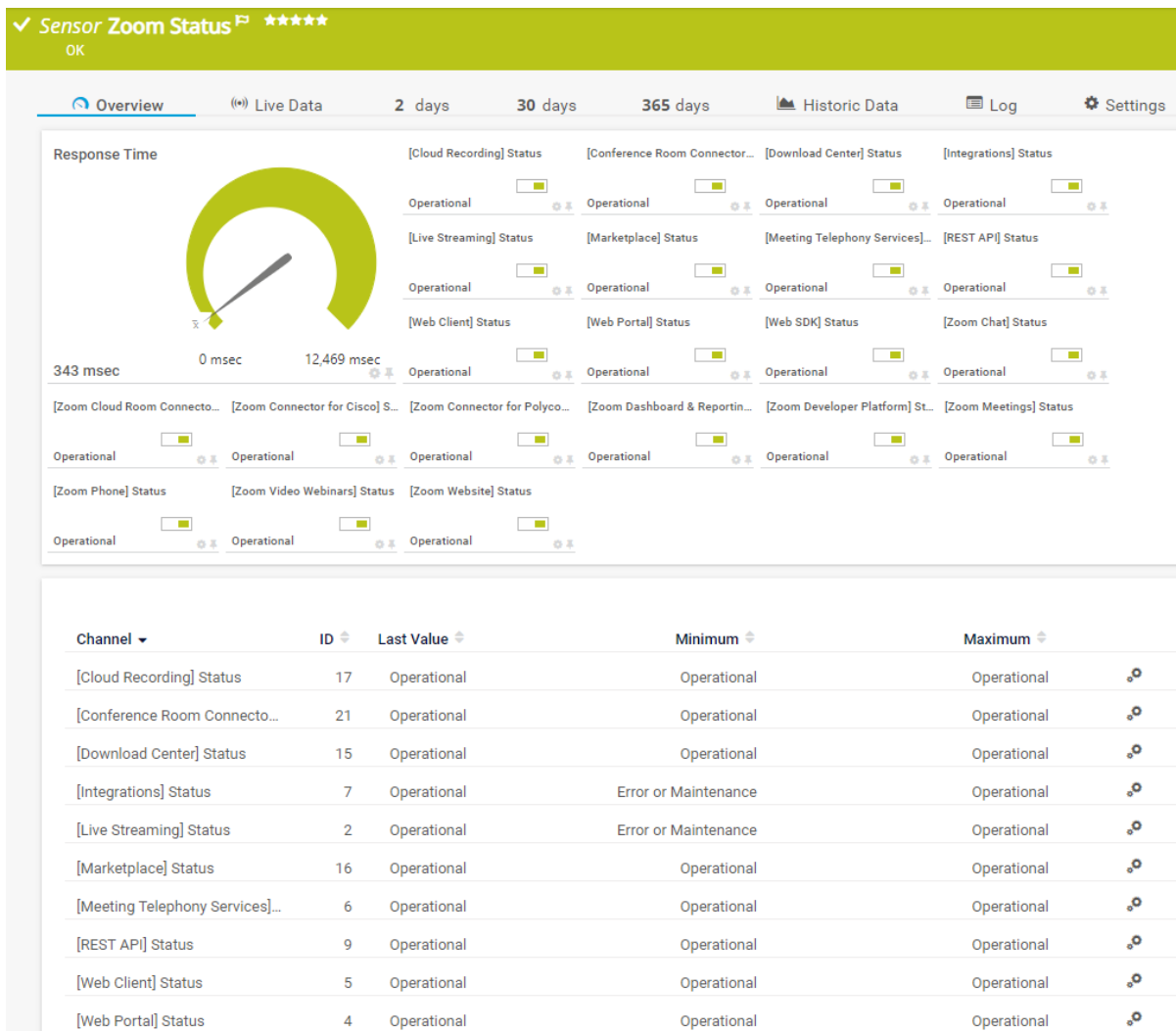
Kod kreiranja potrebno je ispuniti podatke o senzoru prikazane na slici 5. Senzor je potrebno dodati na uređaj na mreži s kojeg želimo primiti podatke. U opcije senzora potrebno

⁶ Virtualna privatna mreža koja služi za pristup lokalnoj mreži s bilo koje lokacije ili računala. Stvara se privatni tunel kroz Internet do određene mreže, a spojeno računalo se ponaša kao da je spojeno na lokalnu mrežu.

⁷ DHCP je mrežni protokol korišten od strane mrežnih računala za dodjeljivanje IP adresa i ostalih mrežnih postavki.

⁸ Servis koji primarno služi prevođenju alfanumeričkih naziva u IP adrese.

je odrediti ime senzora, protokol, certifikat prihvaćanja, *REST Query*, REST konfiguraciju i interval skeniranja.



Slika 6.. Prikaz podataka senzora

Nakon postavljanja i zatim kreiranja istog dobivaju se sve informacije o uređaju kao što je prikazano na slici 6. (REST API, Web Client, Web Portal, prijenos uživo). Primjerice prikazan je status *Zoom* razgovora i prijensa uživo.

4.1.2 Postavljanje senzora za mjerenje QoS

PRTG mjeri QoS veze tako da šalje UDP paket od jednog kraja veze do drugog kraja veze. Za mjerenje se koristi već definirani senzor za mjerenje QoS-a. Senzor radi tako da šalje podatke od kraja veze na izvor i tako se mjere parametri QoS-a.

Za kreiranje QoS senzora potrebno je ispuniti nekoliko koraka:

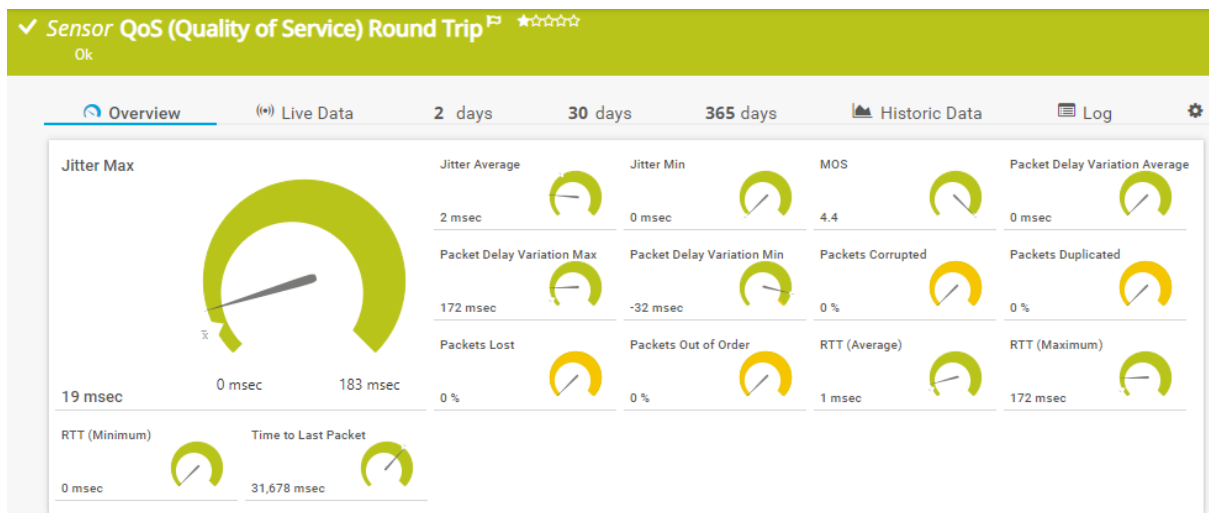
- dodati *Qos Round Trip* senzor na uređaj s kojeg želimo mjeriti parametre,
- u postavkama senzora pod *QoS Target* odabrati prilagođeni cilj,
- u polje *Target Hosti/IP* polje unijeti IP adresu uređaja na kojem se obavlja mjerenje i
- u polje *Port* se upisuje port na kojem se poziva skripta senzora. [14]

Quality of Service Measurement

Timeout (Sec.) ⓘ	60
QoS Target ⓘ	<input type="radio"/> PRTG probe (recommended) <input checked="" type="radio"/> Custom target
Target Host/IP ⓘ	
Port ⓘ	50000
Number of Packets ⓘ	1000
Size of Packets (Bytes) ⓘ	172
Time between Packets (ms) ⓘ	20

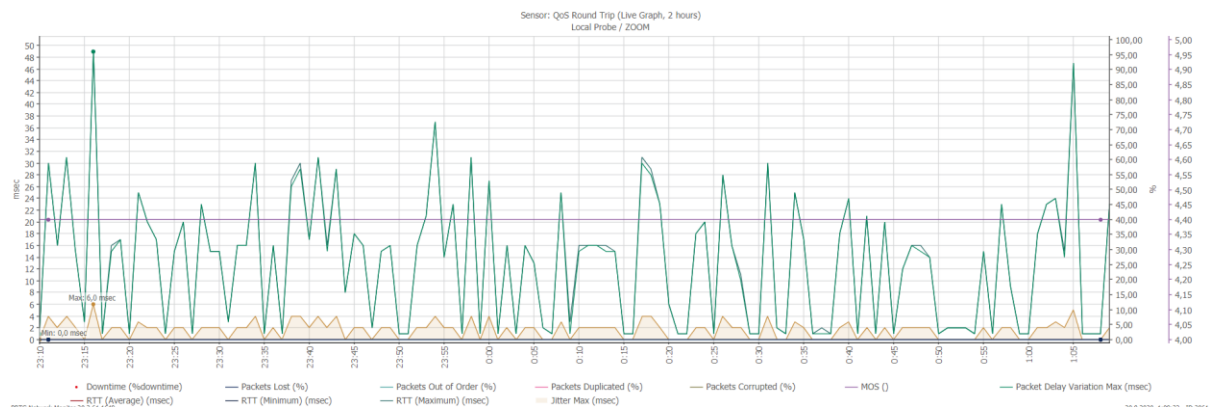
Slika 7. Postavke QoS senzora

Nakon ispunjavanja polja prikazanih na slici 7. i pokretanja senzora potrebno je pričekati i postavljeni senzor će pokazati parametre mjerenja s odabranog uređaja.



Slika 8. Primjer rezultata QoS senzora

Unutar PRTG-a moguće je pregledati rezultate mjerenja unutar stvarnog vremena, kao što je prikazano u središnjem dijelu slike 8., te se također mogu uspoređivati rezultati u zadnja dva dana mjerenja, 30 dana mjerenja i sva mjerenja u zadnjih 365 dana, kao što je vidljivo na slici 8. u gornjem dijelu. Za svaki od tih prikaza nalazi se graf sa svim parametrima.



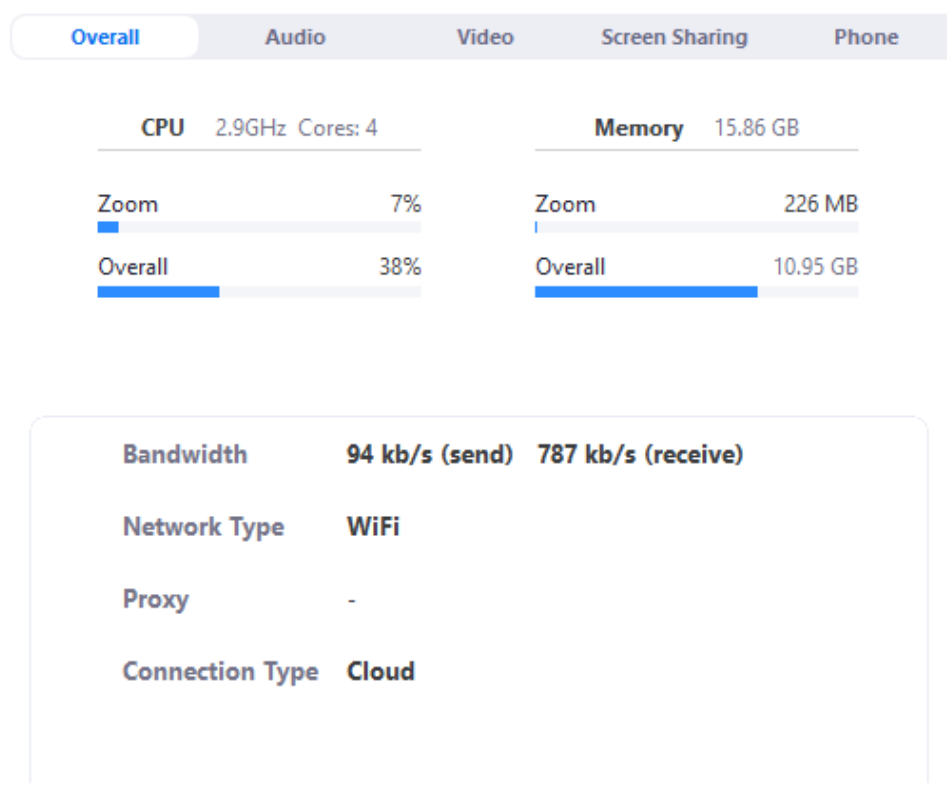
Slika 9. Prikaz grafa mjerenja

Nakon mjerenja podatci su prikazani unutar grafa. Slika 9. prikazuje takav graf. Svaki parametar je označen svojom bojom i u donjem dijelu slike nalazi se legenda boja i njihovog značenja.

4.2 Zoom statistika kvalitete usluga unutar aplikacije

Unutar *Zoom* aplikacije moguće je provjeriti razne dijagnostike tijekom aktivnog sastanka/predavanja. Ako tijekom sastanka dolazi do nekih poteškoća pomoću tih statistika se poteškoća može suziti na jedan izvor. Korištena verzija aplikacije *Zoom* je 5.2.2.

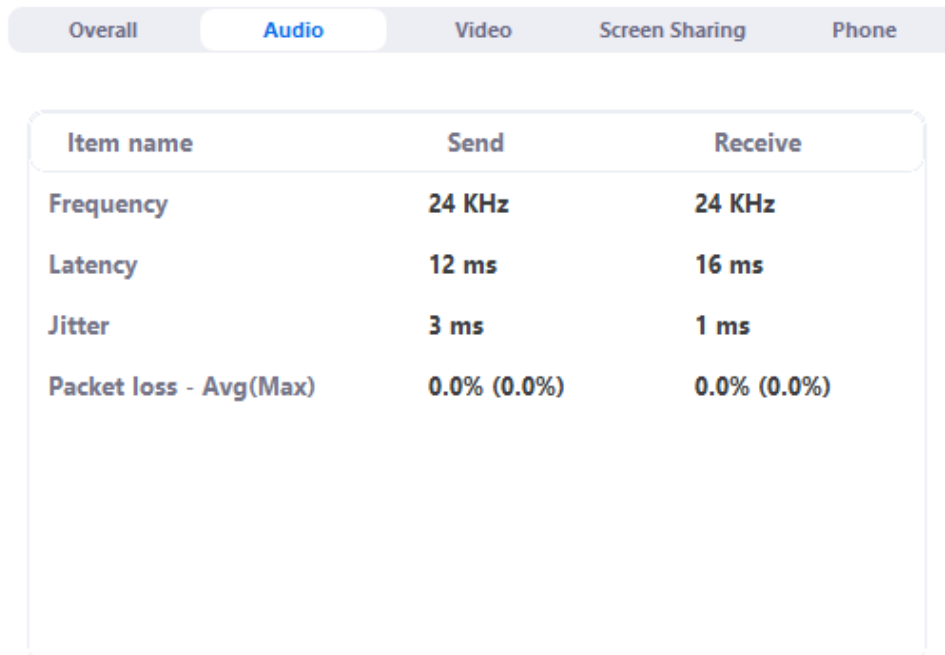
Kako bi pristupili statistikama potrebno je započeti poziv na računalnoj aplikaciji. Nakon početka sastanka u donjem kutu je potrebno otvoriti Video Postavke. U otvorenom prozoru s lijeve strane nalaze se Statistike. Statistike se dijele na pet (5) kartica gdje svaka kartica prikazuje podatke za jednu vrstu prijenosa informacija. Kartice se dijele na općenite informacije, zvuk, video, dijeljenje zaslona uređaja na kojem se obavlja poziv i mobilne usluge.



Slika 10. Prikaz općenitih informacija iz aplikacije Zoom

Pod općenitim informacijama iz aplikacije *Zoom*, prikazanim na slici 10., nalazi se opterećenje procesora, te se to opterećenje dijeli na opterećenje koje proizvodi sama

aplikacija *Zoom* i na ukupno opterećenje. Također se prikazuje i radna memorija računala i zauzeće memorije aplikacije i ukupno zauzimanje memorije. Još se prikazuje i *bandwidth* koji se dijeli na poslani i primljeni, vrsta mreže (žično ili bežično), *proxy*, tip spajanja (*cloud*), enkripcija i verzija aplikacije.



The image shows a screenshot of the Zoom performance monitoring interface. At the top, there are five tabs: 'Overall', 'Audio', 'Video', 'Screen Sharing', and 'Phone'. The 'Audio' tab is currently selected and highlighted in blue. Below the tabs is a table with three columns: 'Item name', 'Send', and 'Receive'. The table contains four rows of data: 'Frequency' (24 KHz), 'Latency' (12 ms), 'Jitter' (3 ms), and 'Packet loss - Avg(Max)' (0.0% (0.0%)).

Item name	Send	Receive
Frequency	24 KHz	24 KHz
Latency	12 ms	16 ms
Jitter	3 ms	1 ms
Packet loss - Avg(Max)	0.0% (0.0%)	0.0% (0.0%)

Slika 11. Prikaz informacija zvuka

Overall	Audio	Video	Screen Sharing	Phone
Item name	Send	Receive		
Latency	11 ms	10 ms		
Jitter	5 ms	1 ms		
Packet loss - Avg(Max)	0.0% (0.0%)	0.0% (0.0%)		
Resolution	1280x720	640x360		
Frame Per Second	15 fps	26 fps		

Slika 12. Prikaz informacija videa

Overall	Audio	Video	Screen Sharing	Phone
Item name	Send	Receive		
Latency	7 ms	-		
Jitter	2 ms	-		
Packet loss - Avg(Max)	0.0% (0.0%)	-		
Resolution	1366x768	-		
Frame Per Second	7 fps	-		

Slika 13. Prikaz informacija dijeljenja zaslona

Informacije o zvuku (slika 11.), videu (slika 12.) i dijeljenju zaslona uređaja (slika 13.) dijele iste informacije. Podijeljeni su u tri stupca u kojem je prvi ime, drugi poslano i treći primljeno. Informacije koje se prikazuju su kašnjenje (engl. *latency*), varijacija kašnjenja (engl. *jitter*), izgubljeni paketi (engl. *packet loss*) kod kojeg se prikazuje prosječan i maksimalan broj izgubljenih paketa, rezolucija i okviri po sekundi.

Overall	Audio	Video	Screen Sharing	Phone
Register Server IP/Port		192.168.1.100:5000		
Local Network Interface		Intel(R) Dual Band Wireless-AC 8		
Peer Number		+13034997111		
Local IP and Port		192.168.1.100:5000		
Remote IP and Port		192.168.1.100:5000		
Network Delay		5 ms		
Item Name	Send	Receive		
Packet	1 pps	49 pps		
Frequency	16 KHZ	16 KHZ		
Packet Loss-Average(Max)	0.0%(0.0%)	0.0%(0.0%)		
Jitter	0 ms	1 ms		
Bandwidth	0.1 kbps	24.8 kbps		
Codec	Opus	Opus		

Slika 6. Prikaz informacija mobitela

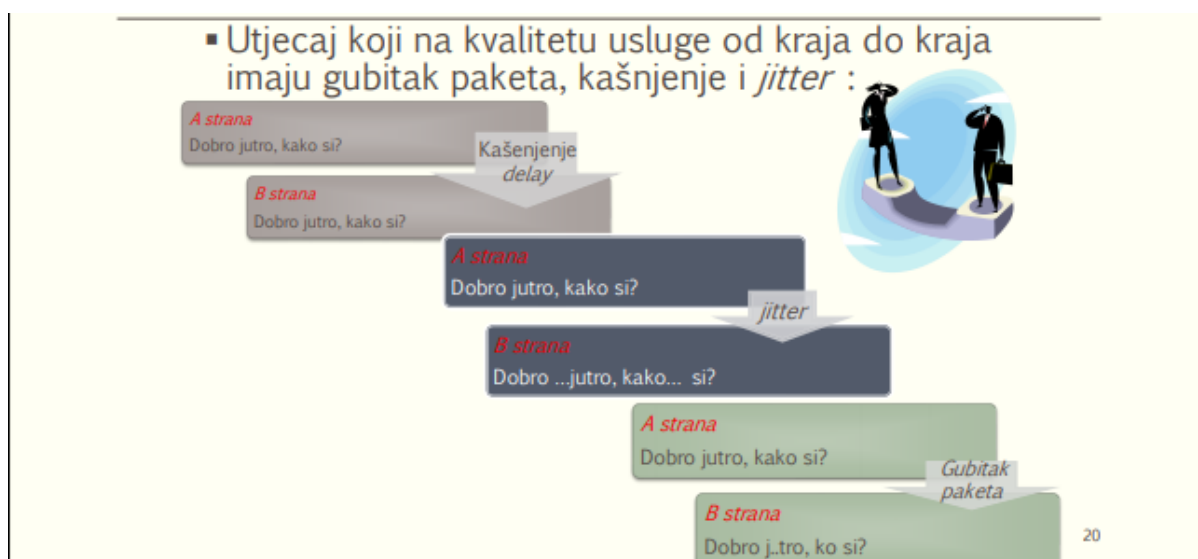
Informacije o uređaju koji koristi SIM (engl. *Subscriber identity module*) karticu i ima mogućnosti mobilnih usluga su dostupne samo ako se koristi plaćena licenca. Osim standardnih informacija ovdje se je dodano još nekoliko podataka. Dodan je broj mobitela i

lokalna IP adresa i port. Prema slici 14. također je prikazan i broj primljenih i poslanih paketa, frekvencija, prosječan broj izgubljenih paketa, varijacija kašnjenja i *bandwidth*.

Kako bi lakše bilo odrediti kada je koji podatak u prekoračenju dopuštenih granica dodane su boje kojima se to određuje. Narančasta predstavlja mogućnost o manjim poteškoćama kvalitete, crvena predstavlja veće poteškoće i crvena s uskličnikom predstavlja sigurni problem.

5. Mjerenje opterećenja u uvjetima izvođenja nastave na daljinu u visokom obrazovanju

Kako bi se održala visoka kvaliteta usluge u nastavi na daljinu, mrežni promet bi trebao izbjegavati preopterećenja. U stvarnosti ograničenja pojase širine dovode do neposluženog prometa u mreži. Takvi slučajevi dovode do zagušenja i kašnjenja jer dolazi do zasićenja prometa na portovima rutera. Kod video poziva takva zagušenja i kašnjenja paketa će značajno produljiti dolazak paketa i dovesti do značajnih problema s varijacijom kašnjenja (engl. *jitter*). Prekomjerne devijacije u paketnom intervalu (engl. *Packet Interval Time*) mogu dovesti do potpunog gubitka paketa.

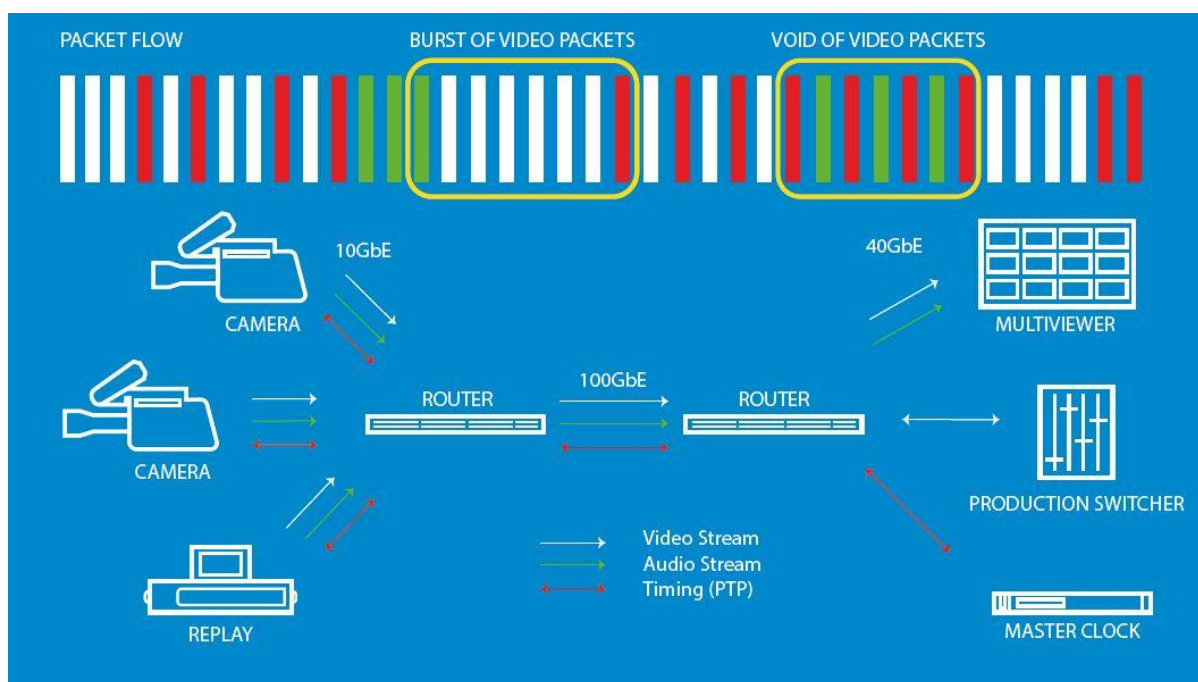


Slika 7. Utjecaj gubitka paketa, kašnjenje i varijacija kašnjenja na kvalitetu usluge [1]

Slika 15. prikazuje utjecaj gubitka paketa, varijacije kašnjenja i kašnjenja na jednom razgovoru. Kod kašnjenja je prikazano primanje poruke određeno vrijeme nakon slanja poruke, kod varijacije kašnjenja dijelovi poruke se šalju u odvojenom vremenskom razdoblju i kod gubitka paketa vidljivo je da su slova unutar poruke izgubljena u slanju.

5.1 Prekomjerna varijacija kašnjenja

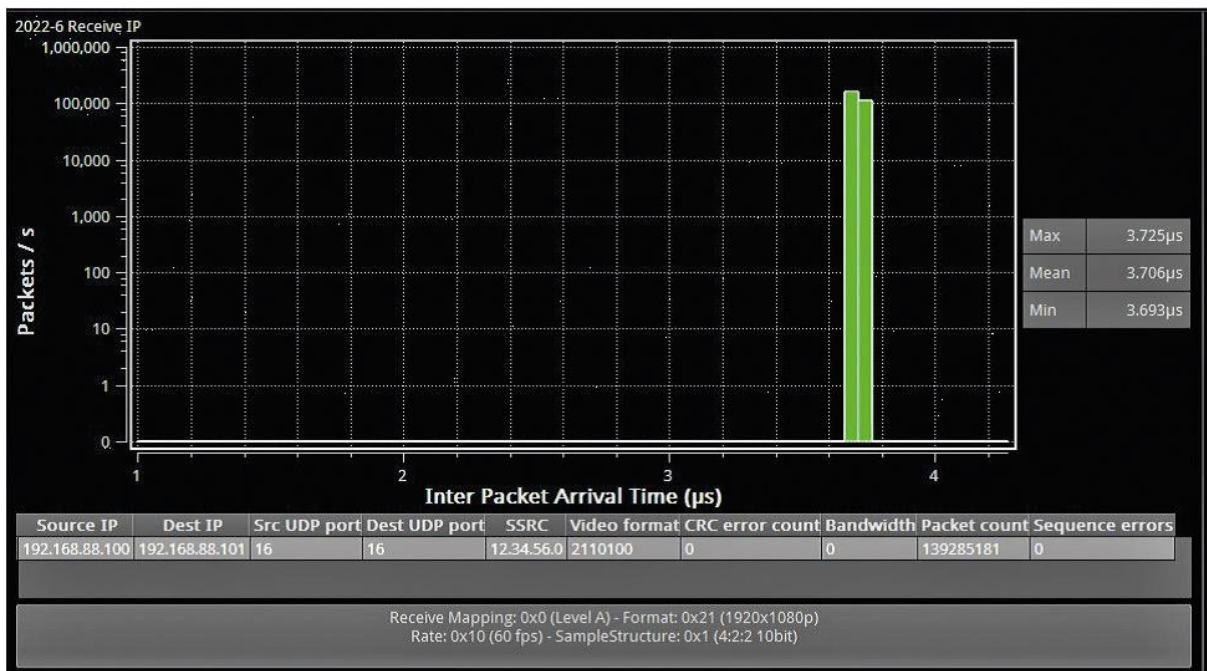
U prijenosu video poziva ključno je da varijacija kašnjenja ne prelazi zadane granice. Također se mora spriječiti slanje previše paketa na odredište ako ih primatelj ne može primiti. Takvo preplavlivanje paketima dovodi do gubljenja paketa.



Slika 8. Mrežni protok sa zagušenjem paketa [15]

Na slici 16. je opisan protok video paketa kroz mrežu. U gornjem dijelu slike prikazan je tok paketa (engl. *packet flow*) gdje bijele crte predstavljaju video pakete, a crvene crte prazne pakete.

Varijacija kašnjenja se može izmjeriti promatranjem PIT-a (engl. *Packet interval time*). Analiza PIT-a video signala pruža uvid u njegovu stabilnost i također upozorava u slučaju mrežnog zagušenja. Postavljanjem senzora za mjerenje varijacije kašnjenja u mreži dobivaju se informacije o zagušenju u stvarnom vremenu.



Slika 9. Prikaz idealizirane mreže bez zagušenja [15]

U idealiziranoj mreži, bez varijacije kašnjenja, sve vrijednosti PIT-a bi bile jednake. Na slici 17. prikazana je skoro pa idealna vrijednost PIT-a gdje nema razmaka između vrijednosti primljenih paketa. U mreži normalnog opterećenja očekivano je da vrijednosti PIT-a budu u realnim razinama. U zagušenim mrežama vrijednosti PIT-a su puno više razmaknute što predstavlja razliku vremena između posluživanja. Umanjena kvaliteta prijenosa video signala se može prepoznati prema čestom pojavom jako dugih ili jako kratkih vrijednostima PIT-a.

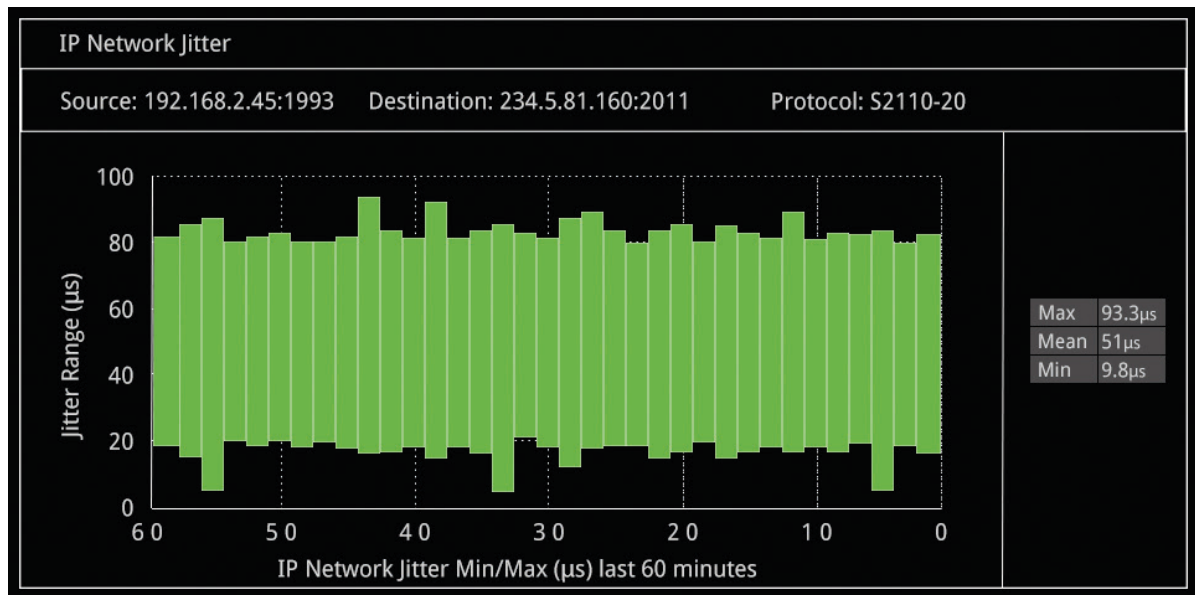


Slika 108. Prikaz zagušenja s većim razmakom PIT vrijednosti [15]

Prikaz problematičnije vrijednosti PIT-a prikazana je na slici 18. Za razliku od slike 17. razmaci između primljenih paketa postoje i značajno su veći što povećava vrijednost PIT-a.

5.2 Promatranje zagušenja kroz vrijeme

Uz mjerenje varijacije kašnjenja u stvarnom vremenu kroz određeno vremensko razdoblje može se dobiti šira slika o cijeloj promatranoj mreži. Praćenje može pružiti ključne informacije o zdravlju mreže.



Slika 19. Prikaz prikupljenih vrijednosti PIT-a kroz vrijeme [15]

Za bolje praćenje prijašnjih vrijednosti koristi se graf kao što je prikazan na slici 19. Pogoršanje se može uočiti porastom maksimalne vrijednosti PIT-a i stalnog povećanja srednje vrijednosti.

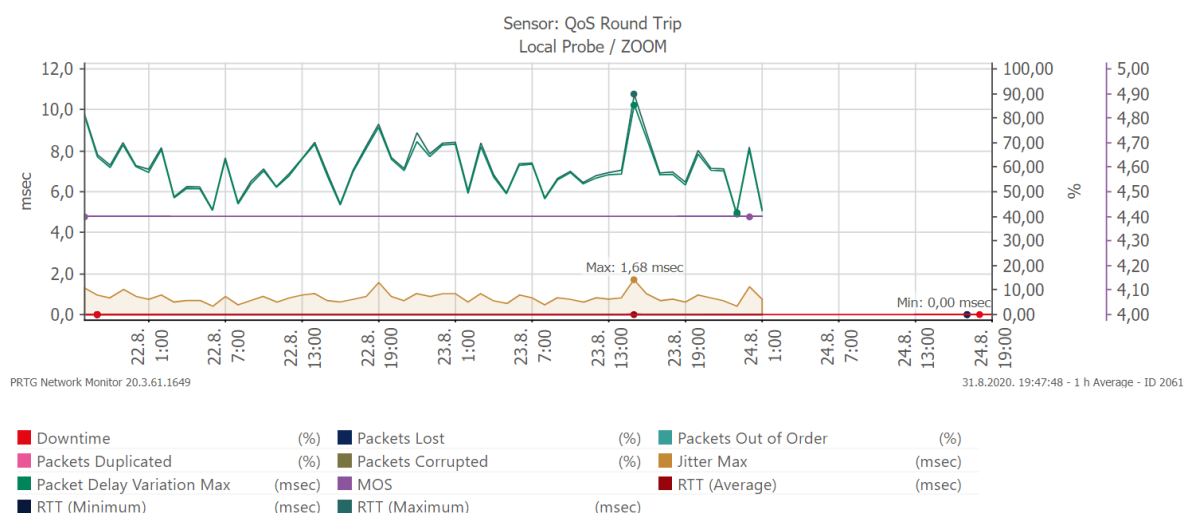
Tijekom stalnog povećanja broja korisnika i sve češćeg opterećenja nije dovoljno analizirati mrežu samo kada dolazi do opterećenja. Kako bi se utvrdili svi parametri potrebno je provjeriti odgovor poslanog signala pod određenim mrežnim uvjetima.

6. Studija slučaja: Utjecaj opterećenja na izvođenje nastave na daljinu

Studija slučaja vezana je za mjerenje kvalitete usluge koja se odvijala na aplikaciji Zoom (poziv) i to pri održavanju nastave (predavanja) preko prijenosa uživo (engl. *live stream*). U Zoom pozivu sudjelovalo je deset (10) studenata. Za prijenos uživo iskorišten je prijenos predavanja „Škola na Trećem“⁹ (HRT4¹⁰).

6.1 Utjecaj opterećenja na izvođenje nastave putem aplikacije Zoom

Nakon postavljanja senzora za praćenje kvalitete usluge u mrežnom alatu PRTG dostupni su rezultati mjerenja kvalitete usluge. Postavljeni senzor je *QoS Round Trip* senzor prema Zoom aplikaciji.



Slika 20. Prikaz rezultata mjerenja predavanja u aplikaciji Zoom

Na slici 20. moguće je iščitati vrijednosti svih parametara kvalitete usluge tijekom predavanja. Prema prikazanim podacima zelenom bojom je označeno maksimalno kašnjenje koje se mijenjalo kroz vrijeme. Najveća vrijednost tog kašnjenja je bila deset (10) milisekundi,

⁹ Program nastave koji se odvijao na televiziji.

¹⁰ Hrvatska radiotelevizija, program 4.

a najmanja pet (5) milisekundi. Prema trajanju vremena prosječna vrijednost kašnjenja paketa bilo je sedam (7) milisekundi.

RTT je na grafu također označen zelenom bojom. RTT¹¹ (engl. *Round-trip delay*) predstavlja kašnjenje u kružnom putovanju ili vrijeme koje je potrebno da paket stigne na odredište plus vrijeme koje je potrebno da se paket vrati na izvor slanja. Prema grafu vrijeme RTT-a je slično kao i vrijednosti maksimalnog kašnjenja paketa. Najveća vrijednost je deset (10) milisekundi, a najmanja pet (5) milisekundi. Prosječna vrijednost RTT-a je sedam (7) milisekundi.

MOS (engl. *Mean Opinion Score*)¹² predstavlja kvalitetu VoIP-a. PRTG pomoću senzora automatski izračunava vrijednost MOS-a. Vrijednost MOS-a na grafu iznosi konstantnih 4,4 što prema PRTG formulama predstavlja idealan rezultat.

Maksimalna varijacija kašnjenja na grafu je označena žutom bojom. Vrijednosti su varirale između 0 milisekundi i 1,68 milisekundi.

Jitter Average	Jitter Max	Packet Delay Variation Min	Packet Delay Variation Average	Packet Delay Variation Max	MOS	RTT (Average)	RTT (Minimum)	RTT (Maximum)
1 msec	1 msec	-7 msec	0 msec	7 msec	4,4	0 msec	0 msec	7 msec
1 msec	1 msec	-10 msec	0 msec	10 msec	4,4	0 msec	0 msec	10 msec
0 msec	1 msec	-8 msec	0 msec	8 msec	4,4	0 msec	0 msec	8 msec
0 msec	1 msec	-7 msec	0 msec	7 msec	4,4	0 msec	0 msec	7 msec
1 msec	1 msec	-8 msec	0 msec	8 msec	4,4	0 msec	0 msec	8 msec
0 msec	1 msec	-7 msec	0 msec	7 msec	4,4	0 msec	0 msec	7 msec
1 msec	1 msec	-7 msec	0 msec	7 msec	4,4	0 msec	0 msec	7 msec
1 msec	1 msec	-8 msec	0 msec	8 msec	4,4	0 msec	0 msec	8 msec
1 msec	1 msec	-6 msec	0 msec	6 msec	4,4	0 msec	0 msec	6 msec
1 msec	1 msec	-6 msec	0 msec	6 msec	4,4	0 msec	0 msec	6 msec
0 msec	1 msec	-6 msec	0 msec	6 msec	4,4	0 msec	0 msec	6 msec
0 msec	0 msec	-5 msec	0 msec	5 msec	4,4	0 msec	0 msec	5 msec
0 msec	1 msec	-8 msec	0 msec	8 msec	4,4	0 msec	0 msec	8 msec

Slika 21. Tablični prikaz rezultata mjerenja

¹¹ Vrijeme koje je potrebno da se signal pošalje plus vrijeme da se vrati na polazište.

¹² Mjera korištena u domeni kvalitete usluge i predstavlja sveukupnu kvalitetu usluge.

Slika 21. predstavlja vrijednosti mjerenja parametara. Svaki redak sadrži vrijednosti dobivene u zadanom intervalu uzimanja. U ovom slučaju interval uzimanja vrijednosti je šezdeset (60) sekundi.

6.2 Prijenos uživo

Mjerenje prijenosa predavanja uživo obavljalo se putem *VLC media player*¹³ aplikacije. Aplikacije je mjerila koliko je paketa dekodirano, izvedeno i izgubljeno za zvuk i medij prijenosa. Također se mjeri koliko je paketa odbačeno i ispušteno, kao i brzina prijenosa sadržaja.

▼ Zvuk	
Dekodirano	3618 blokova
Izvedeno	1808 međuspremnik
Izgubljeno	0 međuspremnik

Slika 22. Podatci mjerenja zvuka prijenosa

Prema slici 22. ukupno je dekodirano 3618 blokova od kojih je izvedeno 1808 uz ni jedan izgubljeni blok podataka.

▼ Slika	
Dekodirano	3931 blokova
Prikazano	4388 okvira
Izgubljeno	0 okvira

Slika 23. Podatci mjerenja slike prijenosa

Kod mjerenja kvalitete prijenosa slike, prema slici 23., dekodirano je 3931 blokova i prikazano 4388 okvira (engl. *frame*) uz ni jedan izgubljeni okvir.

¹³ Besplatni program otvorenog koda za prikazivanje i emitiranje multimedijskog sadržaja.

Brzina prijenosa sadržaja	1420 kb/s
Odbačeno (oštećeno)	0
Ispušteno (nije nastavljeno)	0

Slika 24. Brzina prijenosa sadržaja, odbačeni paketi i ispušteni paketi prijenosa

Slika 24. prikazuje brzinu prijenosa od 1420 kb/s uz ni jedan odbačeni i ispušteni paket.

Prima dobivenim rezultatima ni jedan paket nije izgubljen što predstavlja odličnu kvalitetu prijenosa nastave (predavanja). Svi paketi koji su poslani su i zaprimljeni. Brzina prijenosa sadržaja je bila konstanta i nije oscilirala što također omogućuje nesmetanu kvalitetu usluge.

7. Zaključak

Zbog novonastale situacije zatvaranja obrazovnih ustanova, uzrokovano virusom COVID-19, dogodilo se prisilno prelaženje izvođenja nastave s klasičnog oblika (u dvorani) na nastavu na daljinu (online). Zbog naglog porasta takve nastave, razne platforme su trebale preuzeti važnu ulogu kako bi se nastava, ali i sve druge aktivnosti, odvijale u najboljem mogućem redu. Kao primjer velikih platformi za prijenos uživo *Netflix* i *YouTube* odlučili su smanjiti kvalitetu prijenosa slike kako bi smanjili zagušenja mreža. Smanjenjem kvalitete videa potrebna je manja brzina što oslobađa dio ukupnog mogućeg prometa koji može biti zauzet za neku drugu uslugu ili biti podijeljen na više korisnika.

Provedenim mjerenjima u ovom završnom radu prikazano je da nema većih problema informacijsko-komunikacijskih sustava u izvođenju nastave na daljinu. Nastava je strukturirana tako da se predavanja održavaju preko raznih komunikacijskih aplikacija kao na primjer *Zooma*, *Microsoft Teamsa* i drugih sličnih aplikacija.

Prema obavljenim mjerenjima, kvaliteta usluge kroz sve njezine parametre je zadovoljavajuća i ne prelazi nikakve granice smetnji koje bi mogle ugroziti izvođenje nastave. Prema mjerenjima nastave preko aplikacije *Zoom* parametri poput kašnjenja, varijacije kašnjenja, RTT-a su bile u granicama normale i nisu predstavljale nikakav problem.

Pokazalo se da nedostaci nastave na daljinu nisu vezani za opterećenja informacijsko-komunikacijskih sustava, nego su nedostaci u strukturi izvođenja takve nastave. Iako je sektor visokog obrazovanja bio tehnološki pripremljen u određenoj mjeri na nastavu na daljinu (*e-learning*, *distance learning* i dr.), glavnina problema je bila u sadržajnoj pripremi svih nastavnih materijala potrebnih za takvo izvođenje nastave. Veliki dio praktičnih – laboratorijskih vježbi nije bilo moguće odraditi kontinuirano zbog ovakve situacije.

Literatura

- [1] Mrvelj, Š.: Tehnologija telekomunikacijskog prometa I, Ciljevi razine usluge, 7. predavanje, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2020.
- [2] Internetska stranica:
<https://searchunifiedcommunications.techtarget.com/definition/QoS-Quality-of-Service> (srpanj, 2020.)
- [3] Amandeep, K.: An overview of quality computer network, Indian Journal of Computer Science and Engineering, Indija, lipanj 2011
- [4] Internetska stranica: <https://networkencyclopedia.com/quality-of-service-qos/> (kolovoz 2020.)
- [5] Internetska stranica:
<https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1736/datastream/PDF/view> (kolovoz 2020.)
- [6] Internetska stranica:
<https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1736/datastream/PDF/view> (kolovoz 2020.)
- [7] Internetska stranica: <https://www.onlineschools.org/visual-academy/the-history-of-online-schooling/> (rujan 2020.)
- [8] Internetska stranica: <https://www.pixelmattic.com/blog/e-learning-website-features/> (rujan 2020.)
- [9] Internetska stranica: <https://hrcak.srce.hr/3761> (kolovoz 2020.)
- [10] Internetska stranica:
<https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2964/datastream/PDF/view> (kolovoz 2020.)
- [11] Internetska stranica: <https://www.trustradius.com/buyer-blog/large-group-web-conferencing> (rujan 2020.)

- [12] Internetska stranica: <https://www.pocket-lint.com/apps/news/151426-what-is-zoom-and-how-does-it-work-plus-tips-and-tricks> (kolovoz 2020.)
- [13] Internetska stranica: https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/201362023-System-requirements-for-Windows-macOS-and-Linux#h_d278c327-e03d-4896-b19a-96a8f3c0c69c (kolovoz 2020.)
- [14] Internetska stranica: https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/201362023-System-requirements-for-Windows-macOS-and-Linux#h_d278c327-e03d-4896-b19a-96a8f3c0c69c (kolovoz 2020.)
- [15] Internetska stranica: https://www.paessler.com/manuals/prtg/introduction_monitoring_with_prtg (kolovoz 2020.)

Popis slika

Slika 1. Vizualni prikaz širine pojasa [6]	4
Slika 2. Zemlje s najvećim postotkom usvajanja nastave na daljinu [15]	8
Slika 3. Zastupljenost aplikacija za komunikaciju [13]	12
Slika 4. Sve mogućnosti praćenja PRTG-a [9]	16
Slika 5. Prikaz postavka senzora.....	17
Slika 4. Prikaz podataka senzora	18
Slika 5. Postavke QoS senzora.....	19
Slika 6. Primjer rezultata QoS senzora	20
Slika 7. Prikaz grafa mjerenja	20
Slika 8. Prikaz općenitih informacija	21
Slika 9. Prikaz informacija zvuka	22
Slika 10. Prikaz informacija videa.....	23
Slika 11. Prikaz informacija dijeljenja zaslona.....	23
Slika 12. Prikaz informacija mobitela	24
Slika 13. Utjecaj gubitka paketa, kašnjenje i varijacija kašnjenja na kvalitetu usluge [1]	26
Slika 14. Mrežni protok sa zagušenjem paketa [11]	27
Slika 15. Prikaz idealizirane mreže bez zagušenja [11]	28
Slika 16. Prikaz zagušenja s većim razmakom PIT vrijednosti [11]	29
Slika 17. Prikaz prikupljenih vrijednosti PIT-a kroz vrijeme [11].....	30
Slika 18. Prikaz rezultata mjerenja predavanja u aplikaciji Zoom	31
Slika 19. Tablični prikaz rezultata mjerenja	32
Slika 20. Podatci mjerenja zvuka prijenosa.....	33
Slika 21. Podatci mjerenja slike prijenosa.....	33
Slika 22. Brzina prijenosa sadržaja, odbačeni paketi i ispušteni paketi prijenosa	34



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 **Mjerenje opterećenja informacijsko-komunikacijskih sustava u uvjetima intenzivnog izvođenja nastave na daljinu**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 11.9.2020

Ivan Švrga
(potpis)