

Kvaliteta videokonferencijskih usluga

Rajić, Viktoria

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:396690>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-12**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

KVALITETA VIDEOKONFERENCIJSKIH USLUGA

QUALITY OF TELEMEETING SERVICES

Mentor: izv.prof.dr.sc. Marko Matulin

Studentica: Viktorija Rajić

JMBAG: 0165079261

Zagreb, rujan 2024.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 21. ožujka 2024.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**
Predmet: **Tehnologija telekomunikacijskog prometa I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 7480

Pristupnik: **Viktorija Rajić (0165079261)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Kvaliteta videokonferencijskih usluga**

Opis zadatka:

Opisati i analizirati osnovne značajke videokonferencijskih usluga (značajke prijenosa, karakteristična trajanja sesija, broj sudionika itd.). Opisati tipične slučajeve uporabe usluge u različitim industrijama. Navesti parametre mrežnih performansi koji utječu na kvalitetu usluge. Napraviti pregled istraživanja iskustvene kvalitete videokonferencijskih usluga.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

izv. prof. dr. sc. Marko Matulin

KVALITETA VIDEOKONFERENCIJSKIH USLUGA

SAŽETAK

Videokonferencijska komunikacija postaje sve popularniji element suvremenog informacijskog i komunikacijskog društva. Videokonferencijski sustavi svojim su tehnološkim mogućnostima zamaglili granice prostora i vremena. Ova vrsta komunikacije će u nadolazećim godinama imati sve veći utjecaj i postati neizostavan dio svakodnevne komunikacije svakog pojedinca, stoga se u ovom radu preciznije prikazuju videokonferencijske usluge s tehnološkog i društveno-znanstvenog stajališta. Predstavljen je razvoj videokonferencije, videokonferencije visoke razlučivosti i zajedničko korištenje videokonferencijskih sustava. Uz to je analizirana kvaliteta videokonferencijskih usluga i predstavljene su pozitivne karakteristike korištenja tih usluga. Kroz analizu ankete o kvaliteti videokonferencijskih usluga, dolazi se do zaključka kako korisnici videokonferencijskih usluga mogu postati frustrirani ako drugi sudionici konferencije nisu upoznati s aplikacijom koja se koristi za održavanje konferencije, ali i ako kvaliteta videa i zvuka nisu dobre. Također, veoma je važan i dizajn aplikacije te jednostavnost korištenja.

KLJUČNE RIJEČI: video konferencija; videokonferencijski sustavi; oprema za video konferenciju (softver); kvaliteta usluga

QUALITY OF TELEMEETING SERVICES

SUMMARY

Videoconference communication is becoming an increasingly popular element of the modern information and communication society. Videoconferencing systems have blurred the boundaries of space and time with their technological capabilities. In the coming years, this type of communication will have an increasing influence and become an indispensable part of every individual's daily communication, therefore, in this paper, videoconferencing services are presented more precisely from a technological and socio-scientific point of view. The development of videoconferencing, high definition videoconferencing and joint use of videoconferencing systems are presented. In addition, the quality of videoconferencing services was analyzed and the positive characteristics of the use of these services were presented. Through the analysis of the survey on the quality of videoconferencing services, the conclusion is reached that users of videoconferencing services can become frustrated if other conference participants are not familiar with the application used to hold the conference, but also if the video and sound quality are not good. Also, the design of the application and ease of use are very important.

KEYWORDS: video conference; video conferencing systems; video conference equipment (software); quality of services

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ZNAČAJKE VIDEOKONFERENCIJSKIH USLUGA.....	3
2.1. Povijest i pojam videokonferencijskih usluga	3
2.2. Princip rada.....	4
2.3. Dodatne funkcionalnosti videokonferencijskih poziva	6
2.4. Videokonferencijske platforme	8
3. SCENARIJ PRIMJENE	10
3.1. Primjena videokonferencijskih usluga u školstvu	10
3.2. Primjena videokonferencijskih usluga u poslovnom okruženju	11
3.3. Primjena videokonferencijskih usluga u zdravstvu	13
4. PARAMETRI KVALITETE USLUGE	15
5. ANALIZA KVALITETE VIDEOKONFERENCIJSKIH USLUGA.....	21
6. ZAKLJUČAK.....	28
LITERATURA	30
POPIS SLIKA.....	33

1. UVOD

Uz rastuću i uspješnu upotrebu Interneta, komunikacija je dobila nove dimenzije. Internet je tijekom godina postao najvažniji dodatak i alat svakodnevnog života i komunikacije, jer je neizostavan na gotovo svakom koraku. Omogućuje slanje *e-mailova*, prijenos podataka i dobivanje željenih informacija. Iznimno brzim napretkom tehnologija i softverskih alata, Internet već duže vrijeme omogućuje i izravnu komunikaciju živom slikom i zvukom, naravno uz korištenje odgovarajućih softverskih alata. Videokonferencijski sustavi tako su postali temeljni izvor komunikacije među prijateljima, a nezaobilazni su i u obrazovanju i poslovanju.

Videokonferencija je zapravo način proširenja dosega osobne komunikacije čak i na udaljene lokacije, na daljinu. Međutim, učinci posredovanja tehnologije toliko su veliki da ih se ne može zanemariti. Naravno, praksa i bonton osobne komunikacije ostaju neopozivo temeljne smjernice. Videokonferencija je dakle način komunikacije u kojem se uz pomoć elektroničkih uređaja i mreže snimaju žive slike, zvuk i drugi podaci koji se prenose između dva ili više mjesta i reproduciraju na udaljenom mjestu. Videokonferencijski sustavi dostupni su svim korisnicima Interneta. Za njihovo korištenje nisu potrebne posebne vještine, što je vrlo važno jer omogućuje korištenje široj skupini ljudi.

U području videokonferencijskih usluga, unatoč brzom tehnološkom razvoju, dolazi do raznih problema koji utječu na njihovu kvalitetu. Najčešće se pojavljuju prilikom prijenosa putem mreže. U procesu prijenosa kroz mrežu, video *stream* se dijeli na pakete, koji su podložni gubicima, pogrešnom rasporedu i zamjeni bitova tijekom prijenosa. Sve to utječe na kvalitetu videa koji korisnik prima. Kako bi se spriječila degradacija videa, vrlo je važno proučiti uzroke i provesti mjerenja za analizu gubitaka.

Zbog sve većih zahtjeva korisnika, kvaliteta na području video usluga se poboljšava. Poboljšanje kvalitete veliki je izazov za pružatelje, jer svaki kvalitetniji način prijenosa videa može biti presudan u odluci korisnika. Istraživanja u ovom području dostižu visoke standarde jer ih provode kako pružatelji usluga koji žele povećati korištenje svojih usluga, tako i korisnici koji se sami mogu uvjeriti u kvalitetu ponuđenih video usluga. Na *webu* se mogu pronaći mnogi besplatno dostupni alati pomoću kojih korisnik može sam procijeniti kvalitetu videa.

U ovom će se radu detaljno objasniti videokonferencijski sustavi, kako s društveno-znanstvenog, tako i s tehničkog aspekta. U ovom se radu istražuje upravo kvaliteta videokonferencijskih usluga, kao i koristi aplikacija i tehnologije videokonferencijskih usluga.

Rad je podijeljen u 6 poglavlja. U drugom poglavlju se opisuju značajke videokonferencijskih usluga, a u trećem se prikazuje primjena na konkretnim primjerima. U četvrtom se poglavlju opisuju parametri kvalitete usluge, dok se u petom poglavlju analizira kvaliteta videokonferencijskih usluga. U šestom se poglavlju iznose zaključci.

2. ZNAČAJKE VIDEOKONFERENCIJSKIH USLUGA

Videokonferencije su jedan od najčešćih i najpoznatijih oblika telekonferencija. Telekonferencije su različiti oblici korištenja računalne mreže za dvosmjernu komunikaciju između dva ili više prostorno udaljenih i odvojenih korisnika u stvarnom vremenu. Telekonferencije se danas shvaćaju kao multimedija [1].

Videokonferencije su istovremena video i zvučna komunikacija koja se obavlja između više sudionika uz pomoć računalne opreme kao što su kamera, monitor ili projektor, mikrofoni i zvučnik. Osim toga može se reći i da je videokonferencija mogućnost prijenosa slike i zvuka telekomunikacijskom mrežom na različitim lokacijama radi održavanja sastanaka i seminara u različite svrhe [1].

2.1. Povijest i pojam videokonferencijskih usluga

Počeci videokonferencija datiraju od izuma televizora. Već tada se rodila ideja o implementaciji analognog videokonferencijskog sustava. Takav jednostavan sustav sastojao se od dva televizijska prijemnika povezana kabelom. Poznati su i kasniji eksperimentalni pokušaji uspostavljanja videokonferencijskog poziva. Prva komercijalno dostupna oprema za video konferencije predstavljena je 1964. na Svjetskom sajmu u New Yorku. Analogni uređaj nazvan Picture Phone sastojao se od telefona i malog televizijskog prijemnika. Ovaj sustav je bio namijenjen menadžerima velikih korporacija jer je zbog složenosti video prijenosa radio samo unutar jedne centrale. Iako su pokušavali unaprijediti Picture Phone, on nikada nije zaživio [2].

Kasnije su mnogi proizvođači telekomunikacijske opreme lansirali uređaje koji su, unatoč lošoj kvaliteti telefonskih veza, omogućili održavanje videokonferencije na većim udaljenostima. Brzi razvoj omogućio je prvu transatlantsku video konferenciju 1971. godine. Međutim, ubrzo je postalo jasno da potreba za prijenosom velikih količina podataka zahtijeva kompresiju video signala. To je omogućeno pojavom digitalnih tehnologija. Na tržištu su se pojavili novi pružatelji usluga s uređajima koji su omogućili dobar prijenos slike, ali je cijena i dalje bila nerazmjerna upotrebljivosti [3].

Početak 1990-ih IBM je prvi uspostavio PC videokonferencije temeljene na IP-u (*Internet Protocol*). IP je osnovni protokol za adresiranje i usmjeravanje podataka na Internetu. Iako potrebna tehnologija (sophisticiranije osobno računalo i brza internetska veza) još nije bila dostupna

potencijalnim sudionicima, PC videokonferencijski sustav potaknuo je proizvođače softvera da počnu stvarati programe koji se koriste u videokonferencijskim pozivima. Godine 1996. Međunarodna telekomunikacijska unija izdala je standard H.323 koji specificira prijenos videa, zvuka, podataka i dijeljenje aplikacija preko lokalnih mreža (*Local Area Network* - LAN) i Interneta. Lokalna mreža (LAN) skup je uređaja povezanih zajedno na jednoj fizičkoj lokaciji, procvat cjenovno pristupačne i nezahtjevne internetske videokonferencije na osobnim računalima, koja je uslijedila, dovela je do stvaranja brojnih programskih rješenja. Nakon 2003. godine, kada je brzi pristup Internetu, video tehnologija i računalna tehnologija postala pristupačnija i time dostupnija masama, postala je dostupnija i tehnologija osobnih videokonferencija [2].

2.2. Princip rada

Jedna od glavnih karakteristika videokonferencijskih usluga jest dvosmjernan prijenos videa i zvuka. Dvosmjernan prijenos je jedna od bitnijih komponenti modernih komunikacijskih tehnologija i omogućuje istovremenu interakciju sudionika za vrijeme trajanje sesije. Ključne komponente dvosmjernog prijenosa slike i zvuka mogu se podijeliti u nekoliko skupina. Prva skupina komponenti jest video prijenos za koji je potrebna kamera koja može biti web-kamera ili ugrađena kamera u laptopu ili mobitelu, te druga komponenta za prijenos zvuka za koji je prije svega potrebno koristiti mikrofoni [2].

Potrebni su audio i video kodeci koji pomoću algoritama komprimiraju video signal kako bi omogućili prijenos preko računalne mreže. Kodeci (*codec* – skraćena za *encoder-decoder*) su ključni elementi u videokonferencijskim sustavima jer omogućuju učinkovitu kompresiju i dekompresiju audio i video signala. Kodeci uzimaju podatke, kao što su zvuk ili video snimci, te ih komprimiraju kako bi smanjili količinu podataka koji se prenose preko mreže, čime se smanjuje potrebna propusnost. Na strani primatelja, kodeci dekodiraju te komprimirane podatke kako bi ih korisnik mogao pregledati ili poslušati. Kodeci se dijele u dvije kategorije *lossless* i *lossy*. *Lossless* kodeci su bez gubitaka, što bi značilo da komprimiraju podatke na način kada dođe do dekompresije zadržavaju sve originalne informacije. *Lossy* kodeci ili kodeci s gubicima jer prilikom dekompresije dolazi do djelomičnog gubitka informacija, no često se taj gubitak ne primijeti, iako zbog toga dolazi do kompromisa u kvaliteti. Standard H.323 definira sustave za prijenos podataka u realnom vremenu. H.323 podržava pregovaranje o brzini mreže prilikom uspostave veze, što omogućuje optimalan prijenos ovisno o uvjetima mreže, s maksimalnim

brzinama do 1024 Kbit/s. Kvaliteta ovisi od broju slika pod sekundi (*Frames per Second* - FPS) pri čemu standard održava 30 FPS za glatku reprodukciju pokreta. Standard također rješava probleme nesinkroniziranosti audio i video kodeka koristeći tehnike poput *buffering-a*. MPEG (*Motion Picture Experts Group*) je standard koji se koristi za kodiranje video sadržaja. Postoji nekoliko verzija MPEG standarda:

- MPEG-1 je prvi standard koji omogućuje relativno nisku razinu kompresije i koristi se za male video rezolucije do 352x240 piksela. Koristi mrežnu propusnost od 1.5 Mb/s, ali najveća iskoristiva mrežna brzina je do 2.5 Mb/s.
- MPEG-2 se koristi za DVD video, digitalnu televiziju i druge aplikacije koji trebaju veću kvalitetu slike. Rezolucije su do 740x480 piksela i najčešće koristi mrežnu propusnost do 5 Mb/s, ali ona može ići do 15 Mb/s.
- MPEG-4 je najučinkovitiji standard koji se koristi za prijenos videa putem Interneta. Prenosi različite rezolucije i ima visoku kvalitetu slike, a ima nisku potrebu za propusnost mreže, na primjer za rezolucije do 740x480 piksela, propusnost je oko 2 Mb/s za standardnu kvalitetu [4].

H.264 je standard poznat pod nazivom AVC (*Advanced Video Coding*) i najpopularniji je standard koji se trenutno koristi u video kompresiji. Radi na način da svaki video okvir rastavi na manje dijelove veličine 16x16 piksela te koristi podatke iz trenutnog i prethodnog okvira kako bi predvidio kretanju što omogućava puno bolju dekompresiju podataka. Propusnost koju zahtjeva je od 1.5 Mb/s za manje rezolucije, a propusnost ide i do 32 Mb/s za 4K rezoluciju [5].

H.265 je novija inačica H.264 standarda poznatija pod nazivom HEVC (*High-Efficiency Video Coding*). Radi na sličnom principu kao i prethodni standard, ali okvire može rastaviti na dijelove koji su manji, od 4x4 piksela do 64x64, što omogućava bolju kompresiju podataka. Zahtjeva duplo manje propusnosti mreže za razliku od H.264, dakle od 0.75 Mb/s do 15 Mb/s ovisno o rezoluciji prijenosa. Razlog zašto standard još nije toliko u upotrebi jest, jer zahtjeva puno bolju opremu koja samim tim i financijski skuplja [5].

Audio kodek G.711 je jedan od starijih audio kodeka. Razvijen je 1972. godine i pruža visoku kvalitetu zvuka. Raspon frekvencija zvuka je od 300-3400 Hz. Potrebna propusnost je od 64 kb/s

po kanalu što omogućava prijenos gotovo nekomprimiranog zvuka i bez obzira što zahtjeva visoku propusnost, kašnjenje je vrlo nisko što je dobro za *real-time* komunikaciju koja je potrebna u videokonferencijama. Kompatibilan je s gotovo svim telekomunikacijskim sustavima [6].

G.729 kodek je dizajniran za prijenos glasa preko mreža s ograničenom propusnošću, poput VoIP (*Voice over Internet Protocol*). Zahtjeva nisku propusnost od 8 kb/s i prenosi frekvencije između 300-3400 Hz i bez obzira na to pruža zadovoljavajuću kvalitetu zvuka. S obzirom na nisku propusnost kašnjenje je veće, posebno u uvjetima slabije mrežne veze [6].

Kodek G.722 je nešto napredniji kodek jer nudi širi frekvencijski raspon, od 50-7000 Hz, te samim tim i bolju kvalitetu zvuka. Radi s propusnošću od 48, 56, 64 kb/s, stoga je fleksibilan u korištenju mrežnih resursa. Kodek koristi ADPCM (*Adaptive Differential Pulse Code Modulation*) za kompresiju, što omogućava visoku kvalitetu zvuka, uz umjerenu propusnost. Najčešće se koristi u HD (*High Definition*) glasovnim pozivima [6].

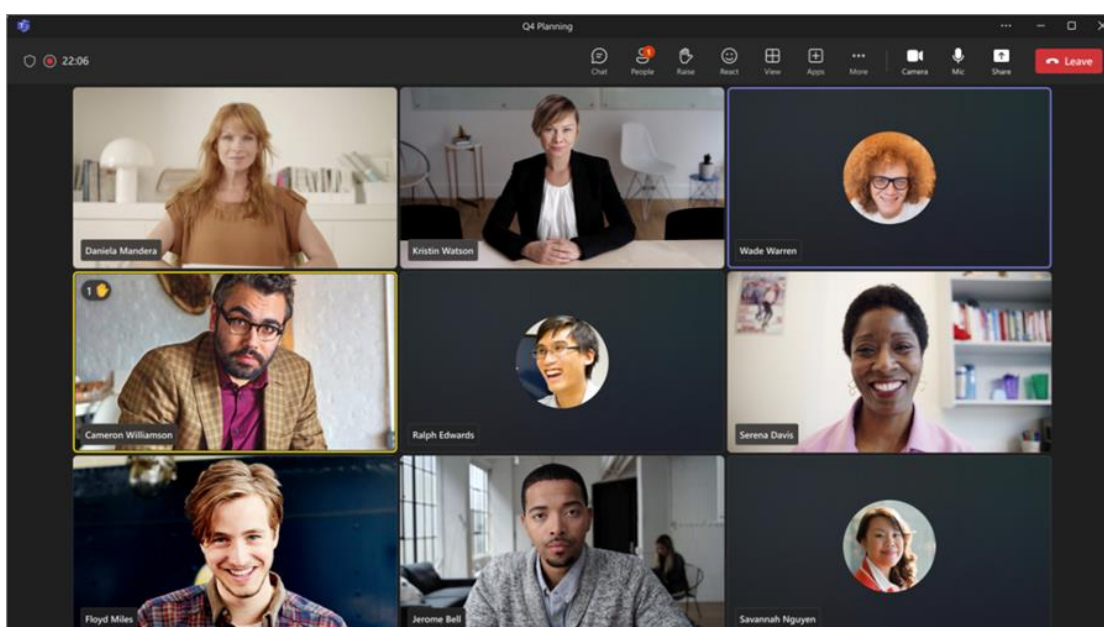
iLBC (*Internet Low Bitrate Codec*) je kodek koji koristi propusnost od 13.33 do 15.2 kb/s. Naglasak kodeka je njegova otpornost na gubitak podataka jer koristi blokovsku metodu kompresije, koja omogućuje rekonstrukciju govora u slučajevima gubitka podataka. Najčešće se koristi u aplikacijama gdje je kvaliteta mreže promjenjiva [6].

Opus je jedan od najnaprednijih audio kodeka koji pruža maksimalnu fleksibilnost kvalitete zvuka u različitim mrežnim uvjetima. Propusnost mu je od 6 kb/s do 510 kb/s za prijenos zvuka na frekvencijama od 50-20000 Hz. Pokriva širok raspon primjene u audio prijenosu, od govora do glazbe visoke kvalitete. Zbog sve prilagodljivosti, Opus je postao standardni kodek za aplikacije u realnom vremenu, uključujući i videokonferencije [6].

2.3. Dodatne funkcionalnosti videokonferencijskih poziva

Interaktivnost u videokonferencijskim pozivima se odnosi na razne značajke i funkcionalnosti koje omogućuju sudionicima u pozivu aktivno sudjelovanje i komunikaciju u stvarnom vremenu. Značajke interaktivnosti su dvosmjerni prijenos slike i zvuka koji omogućuje sudionicima i korisnicima da vide i čuju jedni druge što je i u osnovi sami temelj interaktivnosti. Sudionici poziva mogu aktivno postavljati pitanja, odgovarati i sudjelovati u raspravama te tako dobivaju osjećaj kao da su fizički prisutni svi na istom mjestu. Dobar primjer platforme koja omogućuje razne

opcije interaktivnosti je Microsoft Teams (slika 1). Dijeljenje ekrana je značajka koja omogućuje korisnicima dijeliti svoje ekrane kako bi prikazali razne dokumente, prezentacije ili aplikacije, što može biti izrazito korisno u edukacijske ili poslovne svrhe. Zatim postoji opcija digitalnih ploča, to su zapravo interaktivne ploče koja omogućuje svim sudionicima da zajedno crtaju, pišu ili označavaju određeni sadržaj u stvarnom vremenu. Osim audio i video prijenosa, postoji i tekstualni *chat* koji omogućuje sudionicima slanje poruka tijekom poziva. Tekst se može poslati određenim ili svim sudionicima te samim tim postaje dobar alat za komunikaciju bez ometanja govornika u pozivu. Kako bi se spriječilo ometanje, postoji i opcija podizanje ruke, kojom se signalizira da osoba želi govoriti ili postaviti pitanje što održava i bonton osnovne komunikacije. Kako bi sudionici izrazili svoje mišljenje postoje ankete i glasovanje kako bi se prikupile povratne informacije, ali za povratne informacije korisnici mogu koristiti reakcije i emotikone. *Breakout* sobe služe kako bi se pozivi s više sudionika mogli podijeliti u manje grupe za rasprave ili rješavanje određenih zadataka, nakon čega se mogu ponovno vratiti na glavni sastanak. Sudionici mogu koristiti i opciju virtualnih pozadina kako bi sakrili svoje okruženje, što poboljšava profesionalnost i fokus na sudionika, a ne na njegovu pozadinu. Opcija koja se često primjenjuje na sastancima koji se održavaju uživo, jest snimanje sastanaka. Ono omogućuje sudionicima da kasnije pregledaju sadržaj što može biti korisno za osobe koje nisu mogli prisustvovati uživo ili za dokumentaciju i arhiviranje važnih rasprava [7].



Slika 1. Videokonferencija - Microsoft Teams, [7]

2.4. Videokonferencijske platforme

Kad se govori o broju sudionika i trajanju sesije samog videokonferencijskog poziva brojke su različite ovisno o tome koju platformu i koji plan za rad korisnici želi koristiti. U pravilu svaka platforma nudi uslugu besplatnog korištenja gdje je broj sudionika i trajanja sesije limitiran, ali se te brojke mogu proširiti odabirom različitih pretplata [8].

Zoom je najpopularniji softver za videokonferencije. Poznat je po jednostavnom korištenju, visokoj kvaliteti videozapisa i podršci za do 1000 sudionika. Osnovni plan omogućuje do 100 sudionika s ograničenjem grupnog sastanka na 40 minuta. Osnovni plan se može prošiti dodatnim značajkama kao što su VoIP usluge i *cloud* pohrana [9].

GoToMeeting platforma nudi opcije kao što su dijeljenje sastanaka, prilagođene poveznice za sastanke i jedan je od najjednostavnijih softvera za korištenje. Osnovni plan omogućuje samo 3 sudionika te poziv u trajanju od 40 minuta, dok prošireni planovi nude podršku za 250 sudionika i dodatne značajke kao što su transkripcije sastanaka [9].

Microsoft Teams je idealan za korisnike Microsoft 365 paketa. Ima najraznovrsnije mogućnosti koje uključuju videokonferenciju, snimanje sastanka, transkripciju i integraciju s drugim Microsoft alatima. Osnovni plan omogućuje sudjelovanje 300 sudionika na sastanku u trajanju od 45 minuta [9].

Google Meet je jednostavan za korištenje i integriran je u Google Workspace-u. Osnovni plan omogućuje do 100 sudionika na sastancima u trajanju do 60 minuta. Planovi koje se dodatno naplaćuju omogućuju značajke poput poništavanja buke i poziva bez internetske veze [9].

BlueJeans Meetings nudi odlične audio mogućnosti zahvaljujući *Dolby Voice* tehnologiji, koja poništava pozadinsku buku i omogućava korisnicima komunikaciju kao da su u istoj sobi. Ima opcije dijeljenje zaslona i sesija za podskupine. Jedina mana ovog softvera je što ne postoji osnovni, odnosno besplatni plan za korištenje [9].

Join.me je softver s kojim se može personalizirati i brendirati vlastita video sesiju na način da se uređuje pozadina ili izabire naziv linka za poziv na video sesiju. Ima vrlo jednostavno korištenje

prezentacijski značajki. Za plaćene planove sudjelovati može do 250 sudionika u jednom pozivu [9].

Microsoft Skype u osnovnom planu nudi videopozive s do 50 sudionika. Ima osnovne značajke poput dijeljenja zaslona, snimanja sastanaka i zamučivanja pozadine. Za dodatne značajke osnovni plan se može proširiti, ali je Skype vrlo cjenovno pristupačan [9].

Cisco Webex Meetings je prikladan za velike tvrtke jer nudi napredne značajke kao što su UI (umjetna inteligencija) asistent, automatsku transkripciju i *cross-device* kompatibilnost. U osnovnom planu podržava do 100 sudionika u pozivu bez vremenskog ograničenja [9].

Zoho Meeting je povoljna opcija za male ili srednje tvrtke, s naprednim mogućnostima za moderatore i snimanje sastanaka. Jedinствена značajka je mogućnost postavljanje linka za poveznicu na sastanak na web stranicu tvrtke, tako da omogućuje bilo kojem korisniku da se uključi na sastanak. Ne postoji plan koji se ne plaća, ali je cjenovno pristupačan, ovisno o željenim značajkama [9].

LifeSize nudi 4K videokonferencije i integraciju s hardverom što je idealno za korisnike koji imaju veću i češću potrebu za videokonferencijama. Osnovni plan podržava do 10 sudionika, dok prošireni nude sudjelovanje više sudionika i napredne značajke [9].

RingCentral Meetings ima mogućnost integracije s Google Drive-om i Dropbox-om. Besplatan plan podržava do 100 sudionika i trajanje sesije do 40 minuta, dok plaćeni nude dodatne minute za pozive i alate za korištenje softvera u poslovnom okruženju [9].

3. SCENARIJ PRIMJENE

3.1. Primjena videokonferencijskih usluga u školstvu

Videokonferencijske tehnologije postale su ključni alat za napredak *online* učenja jer omogućuju nastavnicima i učenicima visoki stupanj interakcije i zalaganja bez obzira na fizičku udaljenost. Videokonferencijski pozivi omogućuju nastavnicima da se povežu sa svojim učenicima na osobnoj razini što je vrlo bitno u doba digitalnog učenja jer može učenicima pomoći u smanjenju osjećaja izolacije i samim tim povećanju motivacije. Jedan od načina na koji nastavnici mogu koristiti videokonferencijske usluge jest organiziranje malih grupnih rasprava na tematiku određene teme koja se trenutno obrađuje u nastavi. Nastavnici često unaprijed mogu ponuditi pitanja za raspravu kako bi učenici mogli unaprijed proučiti zadanu tematiku, a što su grupe manje tako se i učenici međusobno mogu povezati i razmijeniti ideje. Jedna od najčešćih prednosti videokonferencijskih usluga koju nastavnici koriste jest unaprijed snimljena predavanja. Umjesto predavanja uživo, nastavnici unaprijed mogu snimiti određene lekcije i omogućiti učenicima da ih prouče vlastitim tempom. Takva praksa korisna je i za učenike koji ne mogu prisustvovati nastavi uživo, ali i za nastavnike kako bi više vremena posvetili interaktivnim aktivnostima [10].

Na slici 2 nalazi se prikaz učenja na daljinu koji se koristi u školstvu. Videokonferencije omogućuju nastavnicima održavanje individualnih konzultacija s učenicima, gdje mogu razgovarati o napretku, ciljevima i odgovoriti na sva pitanja i probleme studenta. Individualne sesije mogu motivirati i usmjeriti samog učenika. Osim samog predavanja videokonferencijskim pozivima pojednostavljuje se dovođenje stručnjaka u virtualnu učionicu. Nastavnici mogu organizirati gostujuća predavanja i radionice sa stručnjacima koji mogu prenijeti iskustva i znanja iz prve ruke. Virtualni terenski izleti mogu uključivati posjete muzejima i znanstvenim centrima diljem svijeta bez potrebe da učenici napuste svoje domove ili učionicu, a sve zahvaljujući videokonferencijskim tehnologijama. Takvim izletima učenici upoznaju različite kulture što može prošiti i razumijevanje za različitosti [9].



Slika 2. Prikaz učenja na daljinu, [11]

Tehnologija videokonferencija utječe na učenike na način da povećava motivaciju, omogućuje bolju komunikaciju, uči učenike komunikacijskim i upravljačkim vještinama, pruža mogućnost sagledavanja problema iz više perspektiva i prikladna je za učenike koji vizualno pamte te štedi vrijeme. Uz to, učenici se mogu vratiti svojim lekcijama ponovnim gledanjem snimaka koje je napravio nastavnik, te dobiti informacije iz knjiga ili korištenjem interneta kako bi ojačali svoje znanje [12].

3.2. Primjena videokonferencijskih usluga u poslovnom okruženju

Videokonferencije su postale ključan alat za mnoga poslovanja, omogućujući učinkovitiju i produktivniju komunikaciju. Primjenom u poslovnom okruženju donijele su dosta prednosti za samog poslodavca. Jedna od najizraženijih prednosti videokonferencijskih sastanaka je smanjenje troškova putovanja. Zaposlenici umjesto da putuju na sastanke mogu koristiti platforme za videokonferencijske usluge i aktivno sudjelovati iz udobnosti svojih ureda ili domova. Samim tim i produktivnost je bolja jer se odluke mogu donositi brže i nema potrebe za dugim pripremama za organiziranjem sastanaka uživo. Povećana je fleksibilnost zaposlenika jer mogu raditi s bilo kojeg mjesta s internetskom vezom, što je posebno korisno za globale timove koji rade u različitim vremenskim zonama. Smanjenjem potrebe za putovanjima ima i pozitivan utjecaj na okoliš. S obzirom da se bez korištenja prijevoznih sredstava smanjuje i emisija stakleničkih plinova, korištenje videokonferencijske tehnologije je i korak naprijed prema održivijem poslovanju. Zaposlenici koji rade na daljinu ili terenu video pozivima mogu i povećati svoj osjećaj za timski

rad tako što će se pomoću takve usluge osjećati povezanije s ostatkom tima i pruža im se mogućnost aktivnog sudjelovanja u poslovnim procesima. Osim što se zaposlenici međusobno mogu povezati, mogu se povezati i s klijentima, jer bez obzira na fizičku udaljenost mogu redovito održavati međusobne virtualne sastanke što održava povjerenje i zadovoljstvo klijenta. Samim tim što kompanije uvođenjem videokonferencijskih usluga u poslovanje ostvaruju mnoge prednosti, tako i povećavaju konkurentnost na tržištu jer uvijek mogu biti korak ispred konkurencije koja se ne koristi istim uslugama. Sama implementacija videokonferencijskih sustava je danas jednostavna jer zaposlenici ne moraju imati posebno tehničko znanje ili koristiti složenu opremu. Većina poslodavaca nudi korisničku podršku ili organiziraju edukacije kako bi zaposlenici mogli maksimalno iskoristiti sve dostupne značajke videokonferencija [13].

Poslovni sastanci putem videokonferencija postali su dio svakodnevice te rad od kuće za mnoge može postati stalan. Upravo zbog toga potrebno je bolje razumijevanje potencijalnih izazova koje uzrokuje videokonferencija. Na slici 3 nalazi se prikaz poslovnog sastanka putem videokonferencije.



Slika 3. Prikaz poslovnog sastanka putem videokonferencije, [14]

3.3.Primjena videokonferencijskih usluga u zdravstvu

Primjena videokonferencijskih tehnologija u medicini je promijenila način na koji zdravstveni djelatnici mogu pružati skrb pacijentima. Uvođenje videokonferencijskih usluga u pružanju medicinske skrbi omogućava pružanje usluga na daljinu čime se poboljšava dostupnost zdravstvene skrbi, a samim tim smanjuju troškovi i povećava učinkovitost samog zdravstvenog sustava. Postoje različiti scenariji u kojima se video pozivi mogu primjenjivati radi pružanja zdravstvene skrbi. Jedan od scenarija je telemedicina koja omogućava da liječnici dijagnosticiraju, liječe i prate pacijente na daljinu. Pacijenti mogu imati konzultacije iz udobnosti svog doma što je korisno za starije osobe, osobe s ograničenom pokretljivošću ili osobe koje stanuju u ruralnim i teško dostupnim područjima, a na takvim područjima je i pristup zdravstvenoj skrbi ograničen. Pacijenti s kroničnim bolestima koji zahtijevaju redovitu kontrolu i praćenje bolesti mogu se putem videokonferencije redovno javljati liječnicima što smanjuje potrebu za čestim odlaskom u bolnicu, a i zapravo omogućuje bolju kontrolu bolesti jer se vitalni znakovi pacijenta mogu pratiti u stvarnom vremenu [15].

Osobe s mentalnim poteškoćama ili stanjima mogu pomoću videokonferencije primati redovitu psihološku podršku i savjetovanje što je posebno korisno za osobe koje pate od anksioznosti, depresije ili drugih mentalnih poremećaja i nisu u stanju fizički posjećivati terapeuta, a posebno je pogodno što u kriznim situacijama mogu dobiti adekvatnu pomoć bez odgađanja. Liječnici mogu pratiti pacijente nakon operativnog zahvata te putem videokonferencije mogu pratiti napredak pacijenata, procijeniti zacjeljivanje rana i pružiti savjete bez fizičkog dolaska pacijenta što smanjuje rizik postoperativnih komplikacija i olakšava proces oporavka pacijenta [15].

U hitnim situacijama videokonferencijske usluge mogu imati ključnu ulogu u pružanju pravovremene medicinske pomoći jer medicinski tehničari na terenu od liječnika mogu dobiti upute o tome kako postupiti s pacijentom dok ne stigne do bolnice. Osim što videokonferencijske olakšavaju starijim osoba da budu u kontaktu sa svojim liječnicima bez potrebe za putovanjima i u pedijatrijskoj skrbi su videokonferencije našle svoju primjenu. Pedijatri mogu pružati savjete i pratiti razvoj djeteta bez potrebe da se prilagođava raspored djece koji je u najranijoj životnoj dobi vrlo važan, a i liječnici pedijatri mogu brže odgovoriti na hitna pitanja roditelja. Pomoću videokonferencija se mogu i organizirati podrška i edukacija pacijenata koji boluju od sličnih bolesti ili stanja. Na taj način pacijenti mogu razmjenjivati iskustva, pružiti si emocionalnu potporu

i učiti jedni od drugih, bez obzira koliko su udaljeni te im prvobitno pruža mogućnost da međusobno dođu u kontakt. Liječnicima se također olakšava posao jer pomoću videokonferencijskih sastanka mogu se konzultirati s kolegama iz udaljenih institucija i na taj način mogu razjasniti složenije medicinske slučajeve koji zahtijevaju multidisciplinarni pristup i dobiti bolje informacije o samom procesu liječenja pacijenta. Liječnici i medicinski tehničari također mogu sudjelovati na različitim edukacijama i obukama zdravstvenih djelatnika što zapravo pridonosi profesionalnom razvoju zdravstvenih radnika [15].

Na slici 4 nalazi se prikaz upotrebe videokonferencije u medicini.



Slika 4. Prikaz upotrebe videokonferencije u medicini, [16]

4. PARAMETRI KVALITETE USLUGE

Digitalni video može doživjeti pad kvalitete zbog kompresije, obrade, prijenosa ili reprodukcije. Stoga postupci kompresije videa koji se rutinski koriste u svrhu smanjenja propusnosti mogu degradirati kvalitetu videa. Također, na kvalitetu primljenog videa može utjecati i nepouzdanost kanala prijenosa, poput bežične mreže, gdje često dolazi do grešaka u prijenosu. Paketno komutirane komunikacijske mreže, kao što je Internet, mogu uzrokovati gubitke ili duža kašnjenja primljenih paketa zbog loših uvjeta u samoj mreži ili loše kvalitete usluge.

Zbog svih gore navedenih grešaka, koje mogu uzrokovati degradaciju primljenog videa, potrebno je detektirati i evaluirati pogoršanje kvalitete video usluge [17].

Najpouzdaniji način ocjene kvalitete videa je subjektivna procjena, budući da su korisnici ti koji dobivaju konačni video. Prosječna ocjena mišljenja dobiva se na temelju velikog broja ocjena u što dužem vremenskom razdoblju. Problem sa subjektivnom procjenom su uglavnom vrijeme i novac, budući da ova vrsta ocjenjivanja zahtijeva znatnu količinu i jednog i drugog. Rješenje je objektivna procjena kvalitete video usluga. U doba analognih video sustava bilo je moguće procijeniti kvalitetu video sustava izračunavanjem frekvencijskog odziva, korištenjem nekih tradicionalnih ispitnih signala kao što je skup kružića u boji. Danas, kada su digitalni video sustavi zamijenili analogne, time su se promijenile i metode objektivnog ocjenjivanja kvalitete video usluga. Ocjene kvalitete sustava digitalne video obrade mogu uvelike varirati i ovisiti o dinamičkim karakteristikama ulaznog video signala. Stoga kvalitetu digitalnih video sustava treba ocjenjivati u različitim video sekvencama, najčešće iz korisničke baze podataka [18].

Osnovna videokonferencijska oprema je oprema koja je potrebna za provedbu cjelokupnog procesa videokonferencijske komunikacije, odnosno prijenosa žive slike i zvuka u stvarnom vremenu između dvije ili više udaljenih lokacija. Proces se sastoji od sljedećih koraka: video snimanje, kodiranje, prijenos, dekodiranje i reprodukcija. Za njihovu implementaciju potrebne su sljedeće komponente: kamera, mikروفon, softverski ili hardverski koder za sliku i zvuk, mrežna veza za strujanje medijskih podataka, softverski ili hardverski dekodeer za sliku i zvuk, zaslon i zvučnici. Osnovne izvedbe svih navedenih komponenti obično su objedinjene u svakom suvremenom multimedijски opremljenom osobnom računalu. Potreban je samo odgovarajući softver za videokonferencije, koji je u jednostavnoj verziji već ugrađen u neke moderne operacijske sustave. Kvalitetna oprema je neophodna za kvalitetnu uslugu videokonferencije [13].

Videokonferencije su neelastične aplikacije koje zahtijevaju prijenos podataka u stvarnom vremenu. Svaki gubitak datagrama ili njihovo kašnjenje može uzrokovati prekid rada. Gornje i donje granice su postavljene. Definirana je brzina bita ispod kojeg se video ili audio više ne mogu koristiti. Velika kašnjenja (200 – 300 ms) u slučaju telefonije ili videokonferencije negativno utječu na komunikaciju među ljudima. Aplikacije koje rade isključivo u stvarnom vremenu imaju stroga ograničenja u pogledu performansi mreže. Napretkom tehnologije, sve većim zahtjevima korisnika, konkurencijom i spajanjem mreža pojavile su se aplikacije na podatkovnim mrežama za koje puko povezivanje više nije dovoljno. Za ispravan rad, od mreže se očekuje da ispunjava određene, često vrlo stroge zahtjeve u pogledu parametara prijenosa. Najzahtjevnijim se pokazuju aplikacije koje rade u realnom vremenu. Jedan od trenutno najvažnijih i aktualnih je prijenos interaktivnog govora koji od mreže zahtijeva sljedeće: dovoljna dostupna brzina prijenosa, rezervacija propusnosti, visoka brzina prijenosa (prijenos u stvarnom vremenu), minimalna varijabilnost kašnjenja i niska stopa pogreške na putu prijenosa [17].

Gubitak paketa se bilježi kada se tijekom prijenosa kroz komunikacijsku mrežu izgubi jedan ili više paketa, što je jedna od tri najčešće pogreške u prijenosu informacija. Druge dvije najčešće vrste pogrešaka su bitne pogreške i slanje lažnih paketa kroz mrežu.

Gubitak paketa može biti uzrokovan sljedećim čimbenicima:

- zagušenje mreže,
- degradacija signala,
- oštećena pakiranja,
- problemi s mrežnom opremom,
- problemi s postavkama ili konfiguracijom,
- problemi s kabelom,
- promet višeg prioriteta može blokirati promet nižeg prioriteta [19].

Kada je gubitak paketa uzrokovan problemima s mrežom, pogreške su brzo vidljive, osobito kod *streaminga* videa, igranja na mreži ili videokonferencije. Stopa izgubljenih paketa raste izravno proporcionalno rastu mrežnog prometa. Zato se stanje čvorova mjeri ne samo u smislu kašnjenja, već i u smislu vjerojatnosti gubitka paketa. Prihvatljiva količina izgubljenih paketa ovisi o vrsti poslanih podataka. Kod VoIP (*Voice over Internet Protocol*) prijenosa jedina pojava uzrokovana povremenim gubitkom paketa je *jitter* koji uz male gubitke ne utječe na kvalitetu razgovora.

Kada je količina informacija prevelika za određeni dio veze, što se naziva usko grlo, nema drugog rješenja nego odbaciti sve poslone pakete i ponovno ih poslati u manjim dijelovima [16].

Zbog velikog glasovnog, video i drugog podatkovnog prometa, ponekad količina prometa premašuje brzinu veze. "*Congestion management*" zato brine o tome što će ruter učiniti s paketima u tom slučaju te hoće li pakete staviti u red čekanja i poslati ih redosljedom kojim su stigli ili će ih staviti u red čekanja s različitim prioritetima. Dakle, *Congestion management* je sustavan i prihvaćen pristup za upravljanje zagušenjem koji pruža točne, ažurne informacije o performansama transportnog sustava i procjenjuje alternativne strategije za upravljanje zagušenjem koje zadovoljavaju državne i lokalne potrebe. Discipline posluživanja koje se koriste su: FIFO - *first-in, first-out*, PQ - *priority queuing*, CQ - *custom queuing*, WFQ - *weighted fair queuing* i CBWFQ - *Class-based weighted fair queuing*. Svaka od metoda namijenjena je rješavanju specifičnog problema s mrežnim prometom. [17].

Sporije veze često uzrokuju probleme za manje pakete. Na primjer, paket od 1500 B koji se šalje preko veze od 56 kb/s. Vrijeme potrebno da se takav paket dovede na liniju je 214 ms. Ako se paketi videokonferencije pojave nakon takvog paketa, doći će do prevelikog kašnjenja prije nego što paket uopće napusti usmjerivač. Takozvana fragmentacija omogućuje da se veliki paketi podijele na manje dijelove i da se tako spriječi pojava velikih kašnjenja [17].

Iskustvena kvaliteta usluge – QoE (*Quality of Experience*) je stupanj zadovoljstva, odnosno nezadovoljstva korisnika aplikacije ili usluge. Proizlazi iz ispunjenja njegovih ili njezinih očekivanja u pogledu korisnosti i/ili uživanja u aplikaciji ili usluzi. Do QoE ideje došlo je početkom ovog tisućljeća kada su različite multimedijske aplikacije postale široko dostupne široj javnosti putem Interneta. Za svaku vrstu aplikacije definirani su različiti mrežni zahtjevi. To se naziva QoS (*Quality of Service*) zahtjevima i obično se koristi za dizajn i upravljanje mrežom. Na primjer, kvaliteta internetske telefonije smatra se prihvatljivom ako se kašnjenje paketa održava ispod 150 ms [20].

Dakle, veoma važan element u videokonferenciji je razina kvalitete usluge ili QoS (*Quality of Service*). Jednostavno rečeno, kvaliteta zvuka, šum, kašnjenje zvuka ili slike mogu uvelike utjecati na konačnu kvalitetu video konferencije. Velika je razlika između dvije konferencije, ako je jedna s jedne strane prošla glatko, a drugu karakteriziraju stalni prekidi, gubitak slike, kašnjenje zvuka ili čak ponavljanje, što otežava normalnu komunikaciju sugovornika [18].

Na kvalitetu usluge pozitivno utječe interaktivno sudjelovanje sudionika u videokonferencijskom razgovoru, jer se na taj način povećava razina motivacije i receptivnosti među sudionicima, no to je svakako subjektivna percepcija [21]. Bitan čimbenik za zadovoljavajuću video konferencijsku sesiju, sa stajališta krajnjeg korisnika, je uspješan video prijenos sa što manje video artefakata i prekida prijenosa. Kod paketnog prijenosa, koji koristi većina videokonferencijskih sustava, postoji problem kašnjenja ili čak gubitka paketa zbog zagušenja mreže. To otežava komunikaciju između sudionika. Kako bi se spriječila loša kvaliteta prijenosa slike i zvuka, mora se osigurati dovoljno jaka i propusna veza [19].

Osim tehničkih ograničenja, postoje i problemi sa sudionicima. Može doći do nelagode između sudionika jer se osjećaju nepovezano s drugom stranom. Problema ima i kod izvođenja putem video konferencijskog prijenosa. Zbog neaktivnog uključivanja ljudi se još brže udaljavaju. Moderator stoga na takvim sastancima ima još važniju ulogu nego na običnim sastancima. Unatoč stalnim poboljšanjima, videokonferencijska tehnologija omogućuje samo djelomičnu neverbalnu komunikaciju. Naime, slika sugovornika ograničena je, najčešće samo na gornji dio tijela. Zbog toga sudionici ne mogu u potpunosti percipirati odgovor sugovornika ili skupine sugovornika, onako kako bi percipirali uživo i to veoma utječe na QoE, [20].

Ukratko, QoS se odnosi na tehničku izvedbu mreže ili usluge, što uključuje parametre kao što su propusnost, kašnjenje, gubitak paketa.. Svi su oni ključni za video i glas u stvarnom vremenu. QoS se mjeri objektivno na temelju tehničke metrike i standarda, a obično njome upravljaju mrežni administratori i davatelji usluga. Suprotno tome, QoE se odnosi na subjektivnu kvalitetu korisničkog iskustva s određenom aplikacijom, uslugom ili mrežom. Razmatra tehničke parametre i percepciju korisnika o kvaliteti usluge, uključujući upotrebljivost, odziv, pouzdanost i zadovoljstvo. QoE se obično mjeri povratnim informacijama korisnika, anketama i drugim subjektivnim metodama i može se povezati s korisničkim mjernim podacima koje tvrtka pomno prati, kao što su stopa zadržavanja, duljina korisničke sesije i stopa usvajanja značajki [21]. Usporedba QoS i QoE prikazana je na slici 5.

Mjerenje karakteristika kvalitete usluge (QoS) bitno je za razumijevanje razine usluge koja se pruža korisnicima. Nekoliko važnih QoS metrika koje treba uzeti u obzir [21]:

- Brzina usluge može se mjeriti pomoću metrike kao što su kašnjenje, propusnost i vrijeme odgovora. Kašnjenje mjeri vrijeme potrebno zahtjevu za uslugu da putuje od korisnika do poslužitelja i natrag, dok propusnost mjeri količinu podataka koja se može prenijeti preko mreže u određenom razdoblju. Vrijeme odgovora mjeri vrijeme potrebno servisu da odgovori na zahtjev korisnika.
- Dostupnost mjeri postotak vremena u kojem je usluga dostupna za korištenje. Može se mjeriti pomoću metrike kao što su vrijeme neprekidnog rada, vrijeme prekida rada i srednje vrijeme između kvarova.
- Pouzdanost mjeri razinu dosljednosti i predvidljivosti usluge. Mjerne vrijednosti kao što su srednje vrijeme između kvarova (MTBF - *Mean Time Between Failures*) i srednje vrijeme do popravka (MTTR - *Mean Time to Repair*) mogu se koristiti za mjerenje pouzdanosti. Kako bi se zajamčila neprekidna i pouzdana izvedba, tvrtke moraju uspostaviti robusnu vezu za komunikaciju i strujanje u stvarnom vremenu, dajući prioritet pouzdanosti QoS-a.
- Sigurnošću se mjeri razina zaštite usluge i njenih podataka od neovlaštenog pristupa ili napada. Mjerni podaci poput sigurnosnih incidenata, ranjivosti i sigurnosnih proboja mogu se koristiti za mjerenje sigurnosti.

Općenito, mjerenje QoS karakteristika uključuje kombinaciju tehničke i subjektivne metrike korisničkog iskustva. Pažljivim mjerenjem i praćenjem ovih karakteristika možete identificirati područja za poboljšanje i osigurati da glasovne i video usluge u stvarnom vremenu ispunjavaju potrebe i očekivanja svojih korisnika.

Važne metrike QoE-a (slika 5) su sljedeće [21]:

- Usmjerenost na korisnika: QoE se fokusira na perspektivu i iskustvo korisnika, uzimajući u obzir faktore kao što su jednostavnost upotrebe, odziv i opće zadovoljstvo.
- Subjektivnost: QoE je subjektivna mjera koja se razlikuje od korisnika do korisnika. Osobne preferencije, prošla iskustva i očekivanja mogu utjecati na percepciju korisnika o proizvodu ili usluzi.
- Višedimenzionalnost: QoE je višedimenzionalna mjera koja razmatra različite aspekte korisničkog iskustva, uključujući tehničke performanse, upotrebljivost, estetiku i emocionalni odgovor.

- Ovisnost o kontekstu: QoE ovisi o kontekstu i može varirati ovisno o korisnikovom okruženju, uređaju i mrežnim uvjetima. Na primjer, usluga video *streaminga* može imati drugačiji QoE na sporij i nestabilnoj mreži od brze i pouzdane.
- Ovisnost o vremenu: QoE se može mijenjati tijekom vremena kako korisnik stupa u interakciju s proizvodom ili uslugom. Umor korisnika, dosada i frustracija mogu utjecati na QoE tijekom vremena.
- Utjecaj očekivanja: Na QoE može utjecati očekivanje korisnika od proizvoda ili usluge. Ako korisnik ima visoka očekivanja, njihov QoE može biti niži ako proizvod ili usluga ne ispuni ta očekivanja.
- Utjecaj emocija: QoE može biti pod utjecajem emocionalne reakcije korisnika na proizvod ili uslugu. Pozitivne emocije poput radosti i uzbuđenja mogu poboljšati QoE, dok negativne emocije poput frustracije i ljutnje mogu smanjiti QoE.



Slika 5. Usporedba QoS i QoE

Izvor: [21]

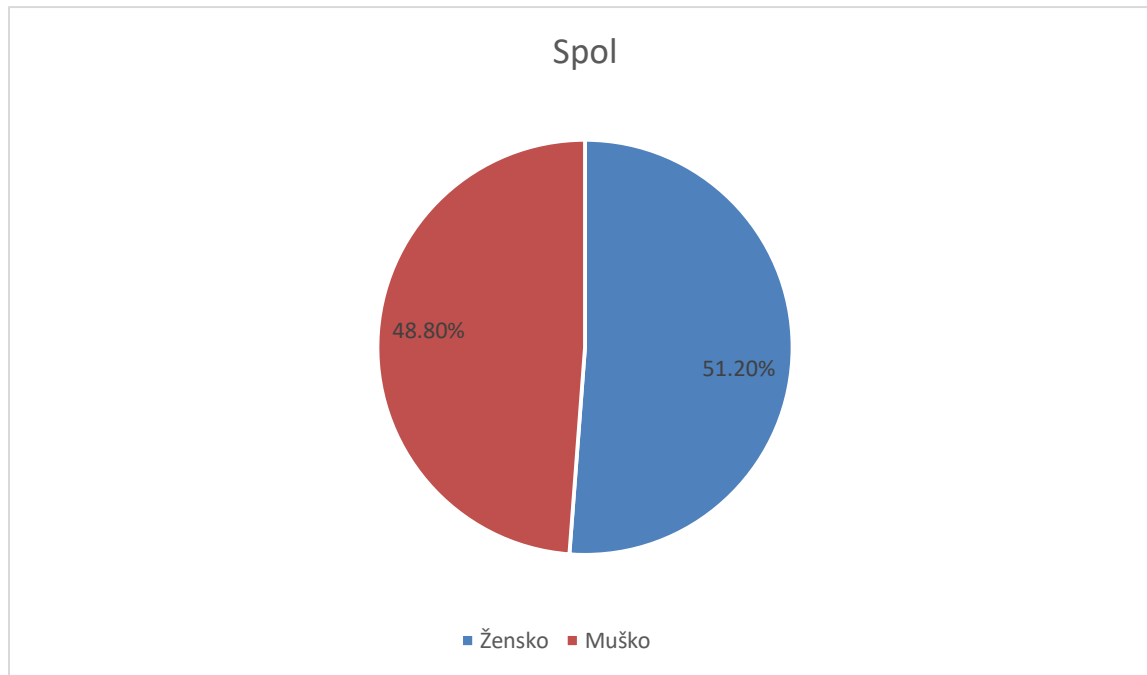
5. ANALIZA KVALITETE VIDEOKONFERENCIJSKIH USLUGA

Za vrijeme pandemije Covid-19, 2021. godine provedena je anketa o kvaliteti videokonferencijskih usluga, a u ovom su poglavlju analizirani rezultati. Anketa korištena u istraživanju izrađena je na platformi *LimeSurvey*. Sadržavala je 31 pitanje i popunjavanje je trajalo oko 15 minuta. Pitanja su grupirana u pet kategorija, kako slijedi:

1. kategorija: ovom skupinom pitanja istraživalo se je li ispitanik sudjelovao u videokonferencijama u proteklih mjesec dana, na koliko ih je sudjelovao te kada je bila posljednja.. Ako je odgovor o sudjelovanju bio negativan, anketa je završila.
2. kategorija: ovom kategorijom pitanja prikupljeni su opći demografski podaci (spol ispitanika, dobna skupina, stupanj obrazovanja i zaposlenje).
3. kategorija: u ovoj su kategoriji postavljena pitanja poput odakle se obično povezuju na sastanke (kuća ili posao ili oboje), na koju vrstu uređaja se povezuju (stolno računalo, prijenosno računalo, pametni telefon ili tablet), na koju vrstu mreže (WiFi, DSL, mobilna mreža itd.).
4. kategorija: ispitanici su trebali rangirati svoje najčešće svrhe sastanka (povezano s poslom ili druženjem s prijateljima i obitelji), najčešće korištenu aplikaciju (više od 100 različitih stavki za odabir), njihovu uobičajenu ulogu na sastanku (moderator, sudionik ili gost).
5. kategorija: posljednja kategorija sadržavala je pitanja o mišljenjima sudionika o tome koji su parametri ključni za kvalitetan sastanak (kvaliteta zvuka i slike, dijeljenje zaslona, sučelje aplikacije, razumijevanje kako funkcionira sustav uloga, itd.), koja se degradacija kvalitete obično pojavljuje kada su na sastanku (različite degradacije slike i zvuka, prekidi sastanka itd.) i koliko im je frustrirajuće doživjeti te degradacije (ocjenjuje se na skali od pet stupnjeva). Ispitanici su također zamoljeni da procijene koliko su degradacije frustrirajuće ako su u različitim ulogama na sastancima. Na kraju im je postavljeno pitanje imaju li degradacije bilo kakav utjecaj na njihovu razinu razumijevanja teme sastanka [20].

Anketa je bila otvorena tri tjedna i bila je anonimna. U anketi je sudjelovala ukupno 751 osoba. Nakon isključenja nepopunjenih upitnika, analiza podataka provedena je na 574 upitnika. Međutim, 33 ispitanika je navelo da nisu sudjelovali u videokonferencijama tijekom proteklog mjeseca; stoga se ovdje prikazani rezultati temelje na 541 potpuno ispunjenom upitniku ispitanika

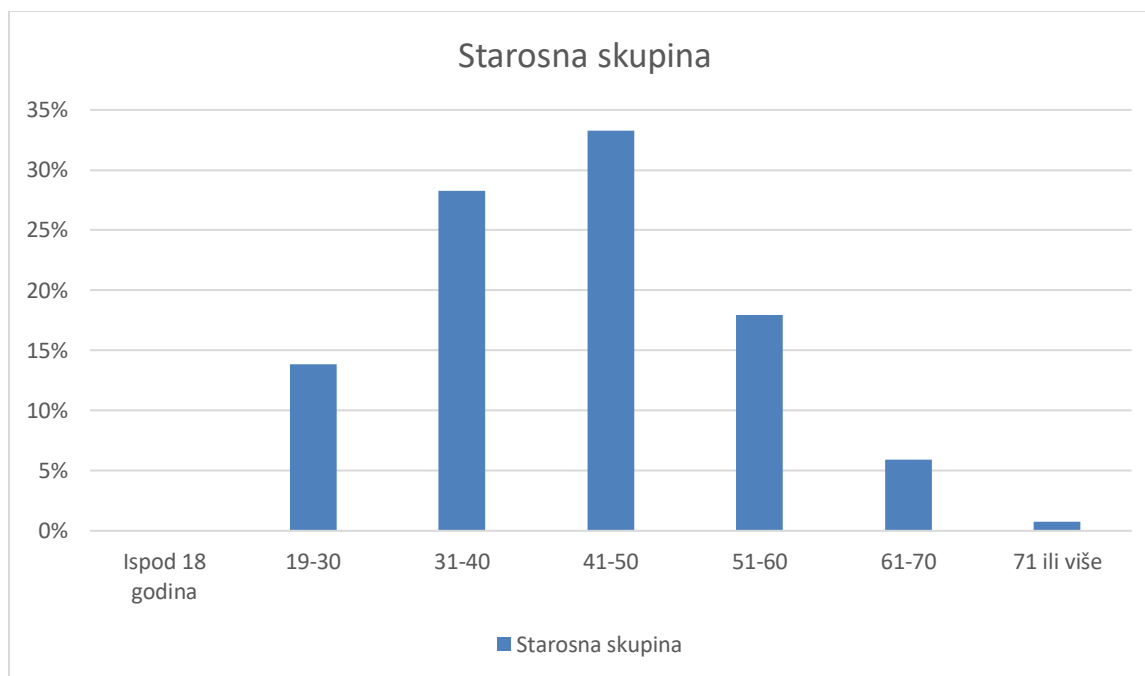
koji su sudjelovali na sastancima. Spol ispitanika (541 upitnik) je 51,2 % žena i 48,8 % muškaraca, a prikazan je u grafu na slici 6.



Slika 6. Spol ispitanika ankete

Izvor: [20]

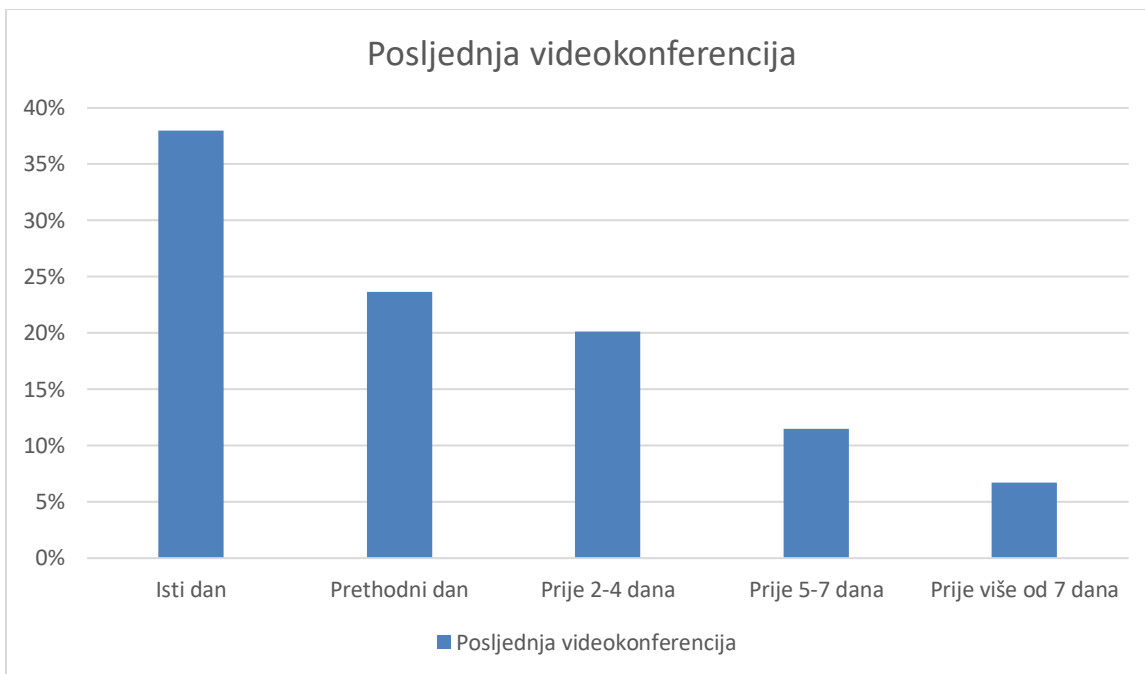
Na slici 7 prikazana je starost ispitanika. Raspodjela dobnih skupina je sljedeća: ispod 18 godina (0 %), 19-30 (13,86 %), 31-40 (28,28 %), 41-50 (33,27 %), 51-60 (17,93 %), 61-70 (5,91 %), 71 ili više (0,74 %). Dakle, većina ispitanika spada u dobnu skupinu od 41 do 50 godina. Više od 90 % ispitanika ima fakultetsku diplomu (prvostupnik, magisterij ili doktorat) i radi na puno radno vrijeme ili honorarno.



Slika 7. Starost ispitanika

Izvor: [20]

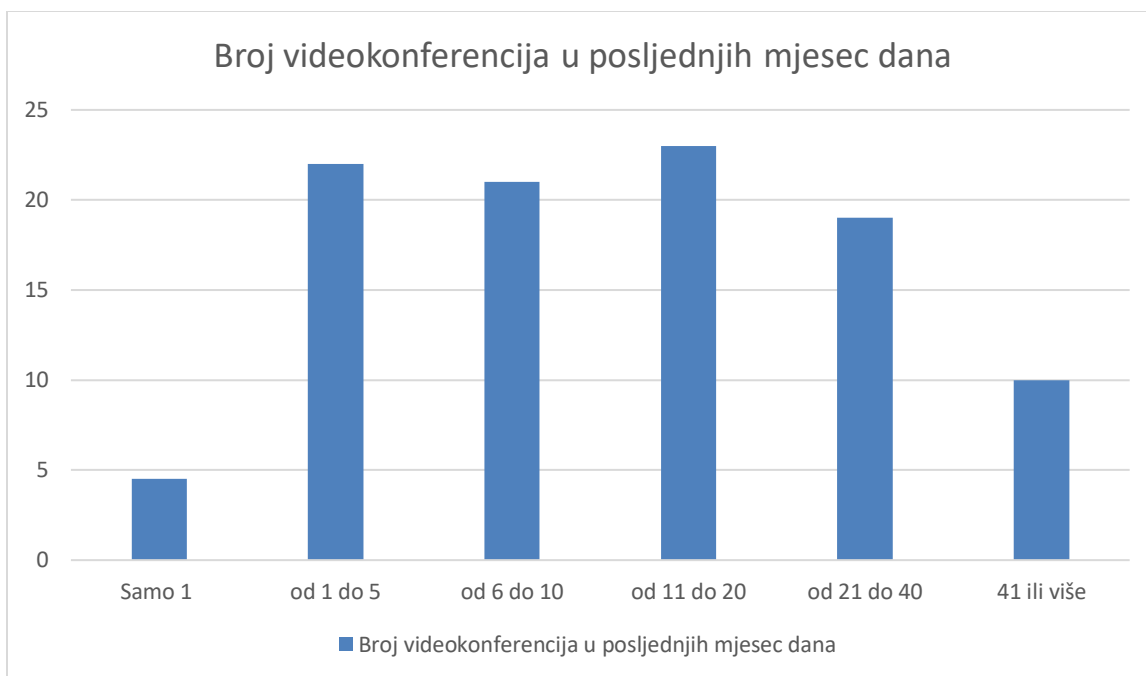
Slika 8. prikazuje kada su ispitanici posljednji put imali videokonferenciju. Kao što se vidi na grafu, ispitanici su iskusni korisnici platformi za videokonferencije. Čak 38% ispitanika posljednji je online sastanak imalo isti dan kada su ispunjavali upitnik, 23,66% dan prije, 20,15% 2 do 4 dana prije, 11,46% 5 do 7 dana prije, a samo 6,73 % imalo je zadnji sastanak prije više od 7 dana.. Dakle, više od 93 % ispitanika imalo je zadnji sastanak unutar tjedan dana prije nego što su sudjelovali u anketi.



Slika 8. Vrijeme kada je održana posljednja konferencija na kojoj su ispitanici sudjelovali

Izvor: [20]

Što se tiče pitanja o broju konferencija unutar posljednjih mjesec dana od dana ispunjavanja ankete, manje od 5 % je imalo samo jednu videokonferenciju, oko 20 posto je odgovorilo sljedeće odgovore: između 1 i 5, 6 i 10, 11 i 20 te 21 i 40 videokonferencija. Čak 10 % ispitanika je u posljednjih mjesec dana imalo više od 40 videokonferencija. Rezultati su prikazani na slici 9. S obzirom na raspodjelu broja konferencija i vrijeme njihovog prethodnog sastanka, može se utvrditi da su ispitanici mogli objektivno procijeniti svoja iskustva s uslugom videokonferencije.



Slika 9. Broj videokonferencija na kojima su ispitanici sudjelovali u posljednjih mjesec dana

Izvor: [20]

Prema rezultatima ankete prvi odabir uređaja za videokonferencije ispitanika su prijenosna računala (68,39%), a u velikom postotku i stolna računala (17,38%) što je i očekivano jer je korištenje tih vrsta uređaja prikladnije za održavanje prezentacija. Pametne telefone koristi čak 33,27 % ispitanika. Uređaji preko kojih su sudjelovali na videokonferencijama najčešće su bili spojeni na WiFi (66,54 %) ili DSL mrežu (15,5 %). Budući da je više od 72 % ispitanika izjavilo da tradicionalno sudjeluju na videokonferencijama iz svog doma, može se zaključiti da koriste kućnu WiFi ili DSL mrežu. S obzirom da se u istraživanju nije mogla točno izmjeriti kvaliteta audiovizualnog *streama*, ista se provjerila na način da su ispitanici odgovarali na pitanje mogu li gledati video na YouTubeu bez mnogo prekida. Pošto mogu, tada je njihovo mrežno okruženje najvjerojatnije prikladno i za prisustvovanje sesijama videokonferencija [20].

Najčešća svrha videokonferencija su poslovni sastanci (48,80 %) ili sastanci vezani uz školu ili sveučilište (36,97 %). Na trećem mjestu se nalazi svrha druženja s prijateljima i/ili rodbinom. Već je spomenuto kako je platforma za videokonferencije *Zoom* trenutni tržišni lider u ovom sektoru. Stoga nije neočekivano otkriti da je ova platforma najčešće rangirana kao izbor broj jedan među različitim aplikacijama za videokonferencije. Također se vidi da je *Microsoft Teams* jedna od

najpopularnijih aplikacija, možda zbog dostupnosti usluge *Office365* zaposlenicima škola/sveučilišta i studentima. Štoviše, ako se spomenu *Skype* i *Skype for Business*, moglo bi se reći da je Microsoft sa svojom paletom proizvoda dominantniji u odnosu na Zoom na ovom tržištu. Ipak, zbog ograničenog opsega istraživanja i broja ispitanika to se ne može potvrditi [21].

Različite aplikacije za videokonferencije imaju implementirane slične sustave uloga. Obično postoji uloga izlagača (osoba koja govori većinu vremena, često dijeli zaslon za prikaz, npr. PowerPoint prezentacije), sudionik (osoba koja sluša, ali može govoriti ako je dopušteno) i uloga gosta (osoba koja zna samo slušati druge). Naravno, jedna ili više osoba upravlja sastankom, dajući uloge drugim kolegama. Iz istraživanja se vidi da je uloga voditelja (izlagača) najčešće rangirana kao broj jedan (34,75 %), zatim slijedi uloga sudionika, ponekad i mješovita uloga voditelja i sudionika (navedeno kao broj jedan kod 30,68 % ispitanika). Ispitanici su tijekom svojih konferencija preuzimali različite uloge. To ih je učinilo iskusnijima, odnosno mogli su ocijeniti kvalitetu konferencije iz različitih perspektiva, što je ključno u ovom istraživanju [20].

Korisnička percepcija o kvaliteti sastanka bila je zadnja kategorija pitanja navedenog istraživanja. Cilj je bio otkriti mišljenja ispitanika o važnosti kvalitete zvuka i slike, ali i o važnosti dizajna aplikacije, sposobnosti sudionika da postave svoju opremu ili rade s aplikacijom koja se koristi za održavanje konferencije. Većina ispitanika (85,40 %) u potpunosti se slaže da je kvaliteta zvuka bitan aspekt sastanka. Kvaliteta slike video *streama* dijeljenja zaslona također se smatra važnom, tj. 56,56 % se u potpunosti slaže, a 36,41 % se slaže da je to tako. S druge strane, slika s video *streama* web kamere ne ocjenjuje se jednako važnom kao video *stream* dijeljenja zaslona, što je logičan ishod. Zanimljivo je da je 76,71 % ispitanika izrazilo neki oblik slaganja sa tvrdnjom da kvaliteta videokonferencije ne ovisi samo o objektivnim parametrima, već i o iskustvu korisnika, i to ne samo o iskustvu pojedinog korisnika, već o iskustvu svih korisnika koji sudjeluju na konferenciji [20].

Kvaliteta zvuka je najčešće rangirana na vrhu liste kao najvažnija (73,75 %). Važnost iskusnih sudionika konferencije također je rangirana na vrhu od strane 11,09 % ispitanika. Na drugom mjestu, najčešći odabir je kvaliteta slike (dijeljenje ekrana), a odabralo ju je 50,09 % ispitanika. U smislu QoS zahtjeva, ovo je važan nalaz. Dijeljenje zaslona tijekom konferencija obično znači da sam video ne sadrži mnogo pokretnih objekata i dinamičnih scena. Naravno, postoje iznimke; međutim, opcija dijeljenja zaslona uglavnom se koristi za prikazivanje prezentacija kolegama, tj.

prikazivanje statičnih slika (koje sadrže tekst, slike, grafikone itd.). Dakle, tijekom prijenosa podataka od strane pošiljatelja više pažnje može se posvetiti kvaliteti audio kodiranja jer je to korisniku važnije [20].

Zatim su ispitanici procijenili koliko često dolazi do specifičnih degradacija kvalitete tijekom njihovih tipičnih videokonferencijskih sastanaka. Rezultati su pokazali da se većina degradacija događa nikad, rijetko ili povremeno. Na ispitanike najviše utječu one degradacije povezane s kvalitetom zvuka (eho u zvuku, visoki zvukovi i zvučni šum). Ovi rezultati odgovaraju rezultatima komentiranim ranije kada je otkriveno da ispitanici misle da je kvaliteta zvuka najkritičniji aspekt video konferencije. Međutim, najveću razinu frustracije uzrokuju prekidi sastanka. Iako se rijetko dogode, kad se dogode, to šteti doživljaju. Na primjer, kada ispitanici budu isključeni sa sastanka, 30,50 % i 22 % izjavilo je da se osjećaju prilično frustrirano i maksimalno frustrirano. Postoci su donekle ublaženi kada se drugi sudionici isključe, ali su i dalje vidljivi [20].

Ispitanici su upitani utječu li degradacije na njih više ako govore ili slušaju tijekom sastanka. Ukupno je 144 ispitanika (26,62%) izjavilo da ih degradacije više pogađaju ako slušaju, a 252 (46,58%) ako govore. Čak 65,80% ispitanika je reklo da su zbunjeni oko teme sastanka ukoliko dođe do degradacije kvalitete. Stoga degradacije mogu utjecati na korisnike na najmanje dvije različite razine. Prvo, mogu biti frustrirani pruženom uslugom tijekom pojave određenih degradacija kvalitete, a ovisno o njihovoj ulozi na sastanku. Drugo, njihov učinak na poslu/školi/sveučilištu može biti smanjen ako ne mogu pratiti temu sastanka tijekom konferencije zbog degradacija. Tijekom slušanja razlika je uočljivija kod onih degradacija koje utječu na kvalitetu zvuka. Na primjer, veći je udio frustriranih na maksimalne odgovore ako se pojavi jeka i zvuk visokog tona. Nadalje, više od 40 % ispitanika izjavilo je da se osjećaju maksimalno frustriranim ako su isključeni dok govore, a 26,19 % se prilično frustrira. Čini se da uloga ispitanika u susretu utječe na njihovu percepciju o ukupnoj kvaliteti usluge u slučajevima kada se pojave degradacije [20].

6. ZAKLJUČAK

U području videokonferencijskih usluga, unatoč brzom tehnološkom razvoju, dolazi do raznih problema koji utječu na kvalitetu videokonferencijskih usluga. Najčešće se poteškoće pojavljuju prilikom prijenosa putem mreže, odnosno *online*. U ovom se radu istražuje upravo kvaliteta videokonferencijskih usluga te kvaliteta iskustva korisnika konferencijskih usluga.

Videokonferencije su istovremena video i zvučna komunikacija koja se obavlja između više sudionika uz pomoć računalne opreme, telekomunikacijskom mrežom na različitim lokacijama u različite svrhe. Stoga su videokonferencije postale dio svakodnevice, a koriste se, između ostalog i u školstvu, poslovnom okruženju te zdravstvu. Videokonferencijski pozivi omogućuju nastavnicima i/ili voditeljima da se povežu sa svojim učenicima i/ili zaposlenicima na osobnoj razini što je vrlo bitno u doba digitalnog učenja/poslovanja jer može pomoći u smanjenju osjećaja izolacije i samim ti povećati motivaciju. Može se zaključiti da se interaktivnost u videokonferencijskim pozivima odnosi na razne značajke i funkcionalnosti koje omogućuju sudionicima u pozivu aktivno sudjelovanje i komunikaciju u stvarnom vremenu.

Tehnologija videokonferencija utječe na učenike na način da povećava motivaciju, omogućuje bolju komunikaciju, uči učenike komunikacijskim i upravljačkim vještinama, pruža mogućnost sagledavanja problema iz više perspektiva i prikladna je za učenike koji vizualno pamte te štedi vrijeme. Uz to, učenici se mogu vratiti svojim lekcijama ponovnim gledanjem snimaka koje je napravio nastavnik.

Videokonferencije su neelastične aplikacije koje zahtijevaju prijenos podataka u stvarnom vremenu. Svaki gubitak datagrama ili njihovo kašnjenje znači prekid rada, a to utječe negativno na komunikaciju među ljudima, a samim time i na iskustvo sudionika. Iskustvena kvaliteta (QoE) se odnosi na subjektivnu kvalitetu korisničkog iskustva s određenom aplikacijom, uslugom ili mrežom. Razmatra tehničke parametre i percepciju korisnika o kvaliteti usluge, uključujući upotrebljivost, odziv, pouzdanost i zadovoljstvo.

Još jedan veoma važan element u videokonferenciji je razina kvalitete usluge ili QoS. Jednostavno rečeno, kvaliteta zvuka, šum, kašnjenje zvuka ili slike mogu uvelike utjecati na konačnu kvalitetu video konferencije. Iz istraživanja se može zaključiti da je kvaliteta zvuka bitan aspekt sastanka, može se reći čak jedan od najvažnijih. Kvaliteta slike video *streama* dijeljenja zaslona također se smatra važnom, dok se kvaliteta slike s web kamere i ne smatra toliko važnom. Međutim, o

kvaliteti videokonferencije ovisi, isto tako, iskustvo svih sudionika. Tako primjerice, korisnici mogu postati frustrirani ako drugi sudionici konferencije nisu upoznati s aplikacijom koja se koristi za održavanje konferencije. Na ispitanike istraživanja najviše utječu one degradacije povezane s kvalitetom zvuka, a najveću razinu frustracije uzrokuju prekidi sastanka. Iako se rijetko dogode, kad se dogode, to šteti doživljaju.

LITERATURA

- [1] Kagan J. *Video Conferencing: How It Works, How to Use It, Top Platforms*. Investopedia; 2022. Preuzeto s: <https://www.investopedia.com/terms/v/video-conferencing.asp> [Pristupljeno 15. kolovoza 2024.]
- [2] Stržinar I. *Po žici iz oči v oči*. Monitor. 2002;12(6): 70-80. Preuzeto s: [https://cris.cobiss.net/ecris/si/sl/biblio?q=as%3D\(30059\)%20and%20ucpex%3D\(33900\)](https://cris.cobiss.net/ecris/si/sl/biblio?q=as%3D(30059)%20and%20ucpex%3D(33900)) [Pristupljeno 20. lipnja 2024.]
- [3] Harrison H. *History of Video Conferencing*. Ehow; 2011. Preuzeto s: http://www.ehow.com/about_5098990_history-video-conferencing.html [Pristupljeno: 20. lipnja 2024.]
- [4] Regvart D. *Videokonferencijski standardi*. CARNET; 2008. Preuzeto s: <https://sysportal.carnet.hr/node/369> [Pristupljeno 20. kolovoza 2024.]
- [5] Grgurović M. *H.264 vs. H.265: Which Video Codec Is Better*. TargetVideo; 2024. Preuzeto s <https://target-video.com/h264-vs-h265/> [Pristupljeno 20. kolovoza 2024.]
- [6] Noworatzky D. *The wonderful world of voice codecs*. TeleDynamics; 2019. Preuzeto s : <https://info.teledynamics.com/blog/the-wonderful-world-of-voice-codecs> [Pristupljeno 22. kolovoza 2024.]
- [7] Microsoft. *Korištenje videozapisa u aplikaciji Microsoft Teams*. Preuzeto s: <https://support.microsoft.com/hr-hr/office/kori%C5%A1tenje-videozapisa-u-aplikaciji-microsoft-teams-3647fc29-7b92-4c26-8c2d-8a596904cdae> [Pristupljeno: 20. lipnja 2024.]
- [8] Cao H, Lee CJ, Iqbal S, Czerwinski M, Wong P, Rintel S, Hecht B, Teevan J, Yang L. *Large scale analysis of multitasking behavior during remote meetings*. Yokohama: ACM CHI; 2021. Preuzeto s: https://hci.stanford.edu/publications/2021/cao_remote/CHI2021-RemoteMeetingMultitask.pdf [Pristupljeno 20. lipnja 2024.]
- [9] Petrova S. *Best Video Conferencing Software 2024: 11 Tools Compared*. CRM.ORG; 2024. Preuzeto s: <https://crm.org/news/best-video-conferencing-software> [Pristupljeno 20. kolovoza 2024.]

- [10] Martin F, Budhrani K, Wang C. *Examining faculty perception of their readiness to teach online*. Online Learning. 2019;23(3): 97-119. Preuzeto s: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1228799.pdf> [Pristupljeno 20. kolovoza 2024.]
- [11] Gerencer T, Hayes J. *10 Remote Learning Best Practices for Teachers*. HP Tech Takes; 2020. Preuzeto s: <https://www.hp.com/gb-en/shop/tech-takes/10-remote-learning-best-practices-for-teachers> [Pristupljeno: 20. lipnja 2024.]
- [12] Gu J. *Semiprivate space and access to online education during COVID-19: empirical tests from China Online*. Online Information Review. 2022;46(4): 771-786. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/publication/355058914_Semiprivate_space_and_access_to_online_education_during_COVID-19_empirical_tests_from_China [Pristupljeno 20. lipnja 2024.]
- [13] Kuzminykh A, Rintel S. Classification of functional attention in video meeting. *2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*;2020; Honolulu, HI, United States. Preuzeto s: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3313831.3376546> [Pristupljeno 20. lipnja 2024.]
- [14] Condeco. *Don't Travel at Your Expense: 6 Business Benefits of Video Conferencing*. Condeco; 2015. Preuzeto s: <https://www.condecosoftware.com/blog/dont-travel-at-your-expense-6-benefits-video-conferencing/> [Pristupljeno: 22. lipnja 2024.]
- [15] Kruger JM, Chowder I. *The ethical advantages of video conferencing in medical education*. Medical Education Online. 2020; 25(1): 1787310. Preuzeto s: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7482868/> [Pristupljeno 25. lipnja 2024.]
- [16] Bildtechnik. *Medical video conferencing*. Bildtechnik. Preuzeto s: <https://www.bildtechnik.com/medical-video-conferencing/> [Pristupljeno: 25. lipnja 2024.]
- [17] Tanenbaum S. *Computer Networks*. New York: Prentice-Hall PTR, Upper Saddle River; 2003. Preuzeto s: <https://csc-knu.github.io/sys-prog/books/Andrew%20S.%20Tanenbaum%20-%20Computer%20Networks.pdf> [Pristupljeno 20. lipnja 2024.]

- [18] Gough M. *Videoconferencing over IP: Configure, Secure, and Troubleshoot*. Rockland: Syngress Publishing, Inc;2006. Preuzeto s: <https://archive.org/details/videoconferencing0000goug> [Pristupljeno 25. lipnja 2024.]
- [19] Yusoff NI, Zin AAM, Khairuddin AB. Congestion management in power system: A review. *3rd international conference on power generation systems and renewable energy technologies (PGSRET)*. IEEE. 2017; 22-27. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8251795> [Pristupljeno 28. lipnja 2024.]
- [20] Matulin M, Mrvelj Š, Abramović B. *How frustrated are you? User perception about different videoconference quality degradations*. Cham: Springer International Publishing, 2021. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/publication/353668748_How_Frustrated_Are_You_User_Perception_About_Different_Videoconference_Quality_Degradations [Pristupljeno 20. kolovoza 2024.]
- [21] Finlayson, P. *Improving End-User Experience through Analytics: Quality of Experience (QoE) and Quality of Service (QoS) for RTC*. Preuzeto s: <https://www.agora.io/en/blog/quality-of-service-and-quality-of-experience-for-rtc/> [Pristupljeno: 11. srpnja 2024.]

POPIS SLIKA

Slika 1. Videokonferencija - Microsoft Teams, [4]	7
Slika 2. Prikaz učenja na daljinu, [8]	11
Slika 3. Prikaz poslovnog sastanka putem videokonferencije, [11]	12
Slika 4. Prikaz upotrebe videokonferencije u medicini, [13]	14
Slika 5. Usporedba QoS i QoE	20
Slika 6. Spol ispitanika ankete.....	22
Slika 7. Starost ispitanika	23
Slika 8. Vrijeme kada je održana posljednja konferencija na kojoj su ispitanici sudjelovali	24
Slika 9. Broj videokonferencija na kojima su ispitanici sudjelovali u posljednjih mjesec dana...	25

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je

ZAVRŠNI RAD

(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da 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/diplomskog rada pod naslovom **Kvaliteta videokonferencijskih usluga**, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, kolovoz 2024.

Viktorija Rajić, *Viktorija Rajić*
(ime i prezime, *potpis*)