

# Utjecaj pandemije COVID-19 na multimedijske mreže

---

**Jurčec, Robert**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*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:119:878610>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-19**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**ZAVRŠNI RAD**

**UTJECAJ PANDEMIJE COVID-19 NA  
MULTIMEDIJSKE MREŽE  
IMPACT OF COVID-19 ON MULTIMEDIA NETWORKS**

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Forenbacher

Student: Robert Jurčec

JMBAG: 0135253304

Zagreb, lipanj 2022.

Zagreb, 29. ožujka 2022.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**  
Predmet: **Arhitektura telekomunikacijske mreže**

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 6712

Pristupnik: **Robert Jurčec (0135253304)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Utjecaj pandemije COVID-19 na multimedijske mreže**

### Opis zadatka:

U radu je potrebno napraviti pregled usluga u multimedijskoj mreži. Opisati arhitekturu mreže za prijenos govora, zvuka i video sadržaja preko IP protokola. Analizirati i interpretirati utjecaj pandemije COVID19 na korištenje multimedijskih usluga.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

doc. dr. sc. Ivan Forenbacher

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Pregled usluga u multimedijskoj mreži .....	3
3. Protokoli u multimedijским sustavima.....	5
3.1. Real-time transport protocol (RTP).....	6
3.2. Real time control protocol (RTCP) .....	6
3.3. Real time streaming protocol (RTSP).....	7
3.4. Resource reservation protocol (RSVP) .....	7
3.5. H.323 .....	8
3.6. SIP .....	9
4. Arhitektura mreže za prijenos govora i zvuka preko IP protokola.....	11
4.1. Mreža za prijenos govora preko Internet protokola (IP).....	14
4.2. Audio over IP – <i>streaming</i> zvuka .....	16
5. Arhitektura mreže za prijenos video sadržaja preko IP protokola.....	19
5.1. HTTP prijenos videa.....	19
5.2. CDN mreže .....	20
5.3. MPEG-DASH.....	21
6. Utjecaj pandemije COVID-19 na korištenje multimedijских usluga .....	23
7. Diskusija .....	33
8. Zaključak .....	36
Literatura.....	37
Popis kratica .....	41
Popis slika .....	43
Popis tablica.....	44
Popis grafikona.....	45

# UTJECAJ PANDEMIJE COVID-19 NA MULTIMEDIJSKE MREŽE

## SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je dvojakе prirode, prvi je bio opisati principe rada multimedijских mreža, osnove njihovih arhitektura te važnije protokole, drugi je bio prikazati i analizirati podatke vezane za utjecaj pandemije COVID-19 na prethodno opisane multimedijске mreže. Rad prikazuje te podatke većinom u grafičkom obliku radi lakše čitljivosti i jednostavnosti. Rezultati podataka i analize su da je COVID-19 pandemija zbog faktora poput: zatvaranja javnih prostora, popularizacija rada od kuće, smanjenog kretanja stanovništva i mnogih drugih imala izravan utjecaj na povećanje korištenja multimedijских usluga, a pogotovo OTT (*engl. Over-the-top*) video usluga.

**KLJUČNE RIJEČI:** multimedijске mreže, arhitektura mreže, VoIP, streaming, OTT, pandemija COVID-19

## Summary

The aim of this paper was twofold, the first was to describe the principles of operation of multimedia networks, their basic architectures and notable protocols, second was to present and analyze data related to the impact of the COVID-19 pandemic on the previously described multimedia networks. The paper presents this data mostly in graphical form for easier readability and simplicity. The results of the data and analysis are that the COVID-19 pandemic due to factors such as: closure of public spaces, popularization of work from home, reduced population movement and many others had a direct impact on increasing the usage of multimedia services, especially OTT (Over-the-top) video services.

**KEY WORDS:** multimedia networks, network architecture, VoIP, streaming, OTT, COVID-19 pandemic

## 1. Uvod

U polju telekomunikacija u zadnjih par desetljeća dogodile su se velike promjene. Multimedijske mreže se mogu posebno istaknuti kao jedna od grana koja se značajno promijenila u tom periodu. Komutacija kanala u sklopu PSTN (*engl. Public switched telephone network*) mreže bila je uobičajena tehnika prijenosa sve do pojave digitalnih mreža i komutacije paketa koja je revolucionirala tadašnje mreže. U ovom radu fokus će biti na digitalnim mrežama za prijenos multimedijskog sadržaja novijih generacija te će se objasniti njihove karakteristike i arhitekture zajedno sa utjecajem pandemije na korištenje usluga realiziranih kroz te mreže.

Ovaj rad je podijeljen u dva dijela: prvi dio obrađuje multimedijske usluge i mreže, njihove osnove i principe, arhitekturu te važnije protokole dok drugi dio obrađuje utjecaj pandemije COVID-19 na korištenje prethodno opisanih multimedijskih mreža i usluga.

Rad je podijeljen u 8 cjelina:

1. Uvod
2. Pregled usluga u multimedijskoj mreži
3. Protokoli u multimedijским sustavima
4. Arhitektura mreže za prijenos govora i zvuka preko IP protokola
5. Arhitektura mreže za prijenos video sadržaja preko IP protokola
6. Utjecaj pandemije COVID19 na korištenje multimedijskih usluga
7. Diskusija
8. Zaključak

Drugo poglavlje ima u cilju predstaviti pregled najznačajnijih usluga u multimedijskoj mreži koje će se u sljedećim poglavljima obraditi te na kraju analizirati pomoću predstavljenih podataka.

Treće poglavlje predstavlja neke od važnijih protokola korištenih za prijenos podataka u multimedijским sustavima i signalizaciju koja je posebno bitna za VoIP i telekonferencijske sustave ali i za video sustave.

Četvrto poglavlje obuhvaća osnove digitalizacije signala poput uzorkovanja, enkodiranja i komandiranja u prvom dijelu poglavlja, dok se drugi dio poglavlja bavi VoIP i AoIP (*streaming*) arhitekturama.

Peto poglavlje bavi se mrežama za prijenos video sadržaja preko IP protokola, poglavito video streaming sustavima koji koriste klijent-poslužitelj HTTP arhitekturu, CDN distribucijske mreže te MPEG-DASH kao jedna od modernijih tehnika video streaminga.

Šesto poglavlje grafički i tablično prezentira podatke i statistike o mogućem utjecaju COVID-19 pandemije na korištenje multimedijских usluga.

Sedmo poglavlje analizira podatke prezentirane u šestom poglavlju te nudi moguća objašnjenja porasta korištenja multimedijских usluga kao i moguće hipoteze koje bi objasnile dane podatke.

## 2. Pregled usluga u multimedijskoj mreži

Multimedija je kombinacija više grupa medija od kojih možemo izdvojiti 3 glavne grupe: tekst, vizualni medij (grafika, video, slika...) i zvuk. Tekst se može odnositi na neformatirani, obični tekst ali i na formatirane varijacije poput matematičkih izraza, transkripcija govora, partitura te "hiperteksta" koji u sebi sadrži poveznice (*engl. Links*) na druge tekstove. Vizualni medij ili grafika se odnosi na skice, nacрте, mape, crteže, slike, animacije i video koji je zapravo niz slika uz mogućnost dodanog zvuka. Zvuk kao grupu možemo općenito podijeliti na prijenos govora (uskopojasni prijenos poput telefonije) i širokopojasni prijenos za potrebe prijenosa i/ili pohranjivanja glazbe te audio sadržaja.

Multimedijske mreže mogu se definirati kao mreže kojima je zadatak prenijeti više-medijski sadržaj (*engl. Multi-media*) poput teksta, zvuka, slike, videa i sl. unutar neke okoline.

Naravno, multimedijске mreže moguće je promatrati kroz podosta širok dijapazon, no za potrebe ovoga rada odabrane su one koje koriste IP kao temeljni protokol u prijenosu multimedijskog sadržaja. Nastavno na to, u opseg ovoga rada ušle su dvije osnovne varijante multimedijskih mreža bazirane na IP-u:

- Mreže za prijenos govora i zvuka preko IP protokola
- Mreže za prijenos video sadržaja preko IP protokola

Mreže za prijenos govora i zvuka za potrebe ovog rada mogu se podijeliti na dvije potkategorije:

- Voice over Internet protocol (VoIP) primarno korišten za prijenos govora gdje kvaliteta zvuka nije imperativna za shvaćanje informacije na primateljevom kraju (npr. Skype)
- Audio over Internet protocol (AoIP) pod kojim podrazumijevamo različite *streaming* usluge i platforme poput Spotify-a, Deezer-a, Apple music-a i sl.

Telekonferencija prema [1] podrazumijeva: „Različite oblike korištenja računalne mreže za dvosmjerno komuniciranje između dvaju ili više prostorno udaljenih i odvojenih korisnika u stvarnom vremenu. Isto tako, danas se podrazumijeva da su telekonferencije multimedijске. To znači da su sustavom



obuhvaćeni, te međusobno povezani i sinkronizirani odvojeni multimedijски podsustavi.“

Telekonferencije i videokonferencije su danas sve popularnije s obzirom na situaciju s pandemijom COVID-19 te ih sve više platformi nudi kao dodatnu uslugu pored osnovnih VoIP usluga. Neke od poznatih platformi za tele i video konferenciju su: Microsoft Teams, Zoom i Jitsi.

Streaming platforme su također imale porast u korištenju za vrijeme pandemije a mogu se definirati kao: izvori audio/video sadržaja na zahtjev koji korisnicima nude različite usluge u pogledu prijenosa glazbe, podcasta, filmova, tv serija, emisija i live prijenosa sportskih te *gaming* događanja preko IP mreže. Što se tiče prijenosa glazbe najpoznatija globalna platforma je Spotify, dok su iza nje Apple music i Deezer koji je popularniji u Europi.

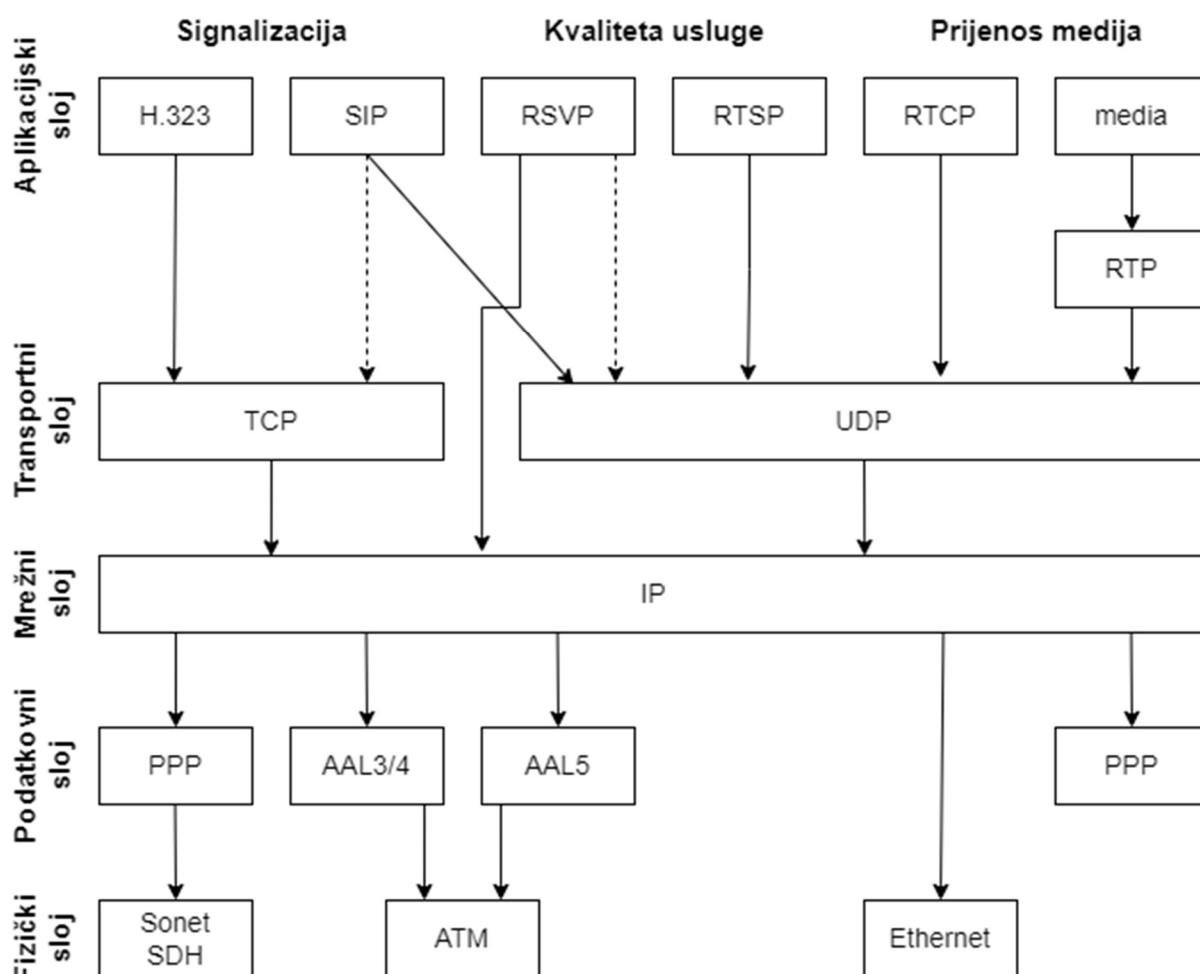
Pod video *streamingom* podrazumijevaju se platforme poput Netflix-a, Amazon prime-a, HBO MAX-a, Hulu-a i sl. za fimove, serije, emisije i dokumentarne filmove dok Youtube dominira u sferi videa manjih produkcijskih budžeta (kućni uradci, video eseji i sl.).

Pregled arhitektura multimedijских mreža na kojima se temelje navedene multimedijске usluge, osnovnih koncepata rada i važnijih protokola razrađen je u nastavku rada.

### 3. Protokoli u multimedijским sustavima

Multimedijски protokoli općenito se mogu podijeliti na protokole za prijenos audio/video signala, to jest zvuka i/ili slike i signalizacijske protokole. Protokoli za prijenos audio/video signala osiguravaju postojan audio/video signal, određenu kvalitetu usluge, prijenos medija te vremenske informacije. Signalizacijski protokoli imaju za zadaću adresirati i usmjeriti pakete, uspostaviti, regulirati i prekinuti sesiju te druge dopunske usluge. [2]

Protokolarna arhitektura nekih protokola koji se koriste za prijenos multimedijskog sadržaja podijeljeni kroz OSI model prikazana je na slici 1.



Slika 1. Neki od protokola za prijenos multimedijskog sadržaja

Izvor: [3]

### 3.1. Real-time transport protocol (RTP)

RTP je transportni protokol kojemu je zadaća prijenos podataka u stvarnom vremenu što ga čini idealnim za prijenos govora u VoIP sustavima. Također ima čestu primjenu u sustavima poput audio i video *streaming-a*, tele i video konferencijama, tv uslugama i sl. Može se koristiti za *unicast* ali i *multicast* sustave. Treba napomenuti da RTP ne garantira pouzdanost isporuke paketa niti vrši kontrolu toka podataka, te funkcije vrši RTCP (Real time Control Protocol). Kao što je vidljivo iz slike 1., to jest iz protokolarne arhitekture, RTP se zapravo izvršava iznad UDP protokola koji je zajedno s TCP-om jedan od dva glavna protokola u transportnom sloju OSI modela.

Neke od funkcija RTP-a prema [4] su:

- Intramedijalna sinkronizacija u kojoj RTP nudi vremenske oznake kako bi se nadoknadile odgode zagušenja za pojedine pakete u istom *streamu*.
- Sekvenciranje koje koristi broj sekvence u pojedinom RTP paketu da bi se otkrili izgubljeni paketi.
- Identifikacija opterećenja u kojoj svaki RTP paket uključuje identifikacijski broj opterećenja koji služi kako bi se dinamički mijenjalo kodiranje nekog medija (u slučaju VoIP-a glasa) radi boljeg prilagođavanja *streama* trenutnoj propusnosti.
- Indikator početka i kraja okvira koji se označavaju tzv. „frame marker“ bitom.
- Identifikacija izvora koja je bitna u *multicast* sesiji s mnogo sudionika radi određivanja pokretača okvira. Za identifikaciju koristi se SSRC (*eng. Synchronization Source*).

### 3.2. Real time control protocol (RTCP)

RTCP je protokol koji nadzire i upravlja prijenosom podataka u stvarnom vremenu. Na taj način on „suraduje“ sa RTP-om, te pruža kontrolu nad pojedinim RTP sesijama. Bazira se na periodičkom slanju kontrolnih paketa svim sudionicima u sesiji pri tome koristeći iste transportne mehanizme kao i za prijenos podatkovnih paketa.

[4]

Prema [4] RTCP obavlja 3 primarne funkcije:

- Glavna funkcija je omogućiti QoS (*engl. Quality of service*) povratnu informaciju o kvaliteti distribucije paketa. Ova funkcija primarno je vezana s kontrolom toka i zagušenja drugih transportnih protokola. Povratne

informacije o kvaliteti su korisne za kontrolu enkodiranja kod adaptivnih *streamova* ali su također bitne za dobivanje povratne informacija od prijammnika radi lakšeg dijagnosticiranja grešaka u distribuciji. Promatrač tada može procijeniti jesu li ti problemi globalnog ili lokalnog karaktera te prema tome raditi odluku. Uz to moguće je i da davatelj mrežnih usluga, koji nije direktno uključen u sesiju, prima povratne informacije te tako djeluje kao nadgledatelj.

- Identifikacija izvora koja se zbiva u transportnom sloju. Identifikator koji se koristi je CNAME (*engl. Canonical name*) jer se SSRC opisan kod RTP-a može promijeniti ako postoji konflikt u paketima ili se program resetira. Primatelji u mreži uvjetuju korištenje CNAME-a kako bi pratili svakog sudionika u mreži.
- Slanje RTCP kontrolnih paketa svakom sudioniku u sesiji, na taj način svaki sudionik ima informaciju koliko je drugih sudionika u mreži te se na taj način može izračunati brzina po kojoj se paketi šalju u mreži a pritom lako skalirati broj sudionika od nekolicine do tisuća sudionika.

### 3.3. Real time streaming protocol (RTSP)

RTSP je protokol aplikacijskog sloja kojem je glavni zadatak kontrola distribucije podataka u stvarnom vremenu. RTSP je bezkonekcijski protokol koji podržava prijenos audio i video podataka na zahtjev (*engl. On-demand*), a izvor podataka može biti onaj uživo ili onaj pohranjen u memoriji. RTSP se zapravo koristi za uspostavljanje i kontroliranje više različitih medijskih sesija, odabir prijenosnog kanala poput UDP-a, *multicast* UDP-a ili TCP-a. Treba napomenuti da sam RTSP nije zadužen za prijenos podataka, za to se najčešće koristi RTP zajedno RTCP-om primarno zaduženim za kontrolu toka. [5]

### 3.4. Resource reservation protocol (RSVP)

RSVP je protokol zadužen za rezervaciju mrežnih resursa i osiguravanje garantirane kvalitete prijenosa u mreži. Protokol se primarno koristi za *multicast* sustave ali ga je moguće koristiti i za *unicast*. Većina usmjeravanja na internetu je tzv. „*best effort*“ što znači da ne garantira određenu kvalitetu usluge no RSVP radi na suprotnom idealu te je zato pogodan za aplikacije gdje nam je potrebna pouzdanija usluga u smislu kontrolirane vrijednosti kašnjenja, propusnosti, brzine te drugih

mrežnih karakteristika. Dakle RSVP rezervira određeni dio frekvencijskog pojasa prema potrebama mreže. [6]

### 3.5. H.323

Signalizacija je prema: [7] „Sposobnost generiranja i razmjene kontrolnih informacija koje će se koristiti za upravljanje, praćenje i otpuštanje veza između krajnjih točaka. Glasovno signaliziranje traži sposobnost pružanja funkcije nadzora, adresiranja i upozoravanja između čvorova.“ PSTN sustavi koriste signalni sustav 7 (SS7) za signalizaciju, a današnje mreže za prijenos glasa i zvuka najčešće koriste H.323 koji je objašnjen u ovom potpoglavlju i SIP (*engl. Session initiation protocol*) protokol koji je detaljnije obrađeni u sljedećem potpoglavlju.

H.323 je signalizacijski protokol razvijen od strane ITU-T (*engl. International telecommunication union Telecommunication Standardization Sector*) koji definira pravila za prijenos audio i video sadržaja preko IP mreže. Prvotno je zamišljen za video terminale u lokalnim mrežama koje nisu garantirali kvalitetu usluge.

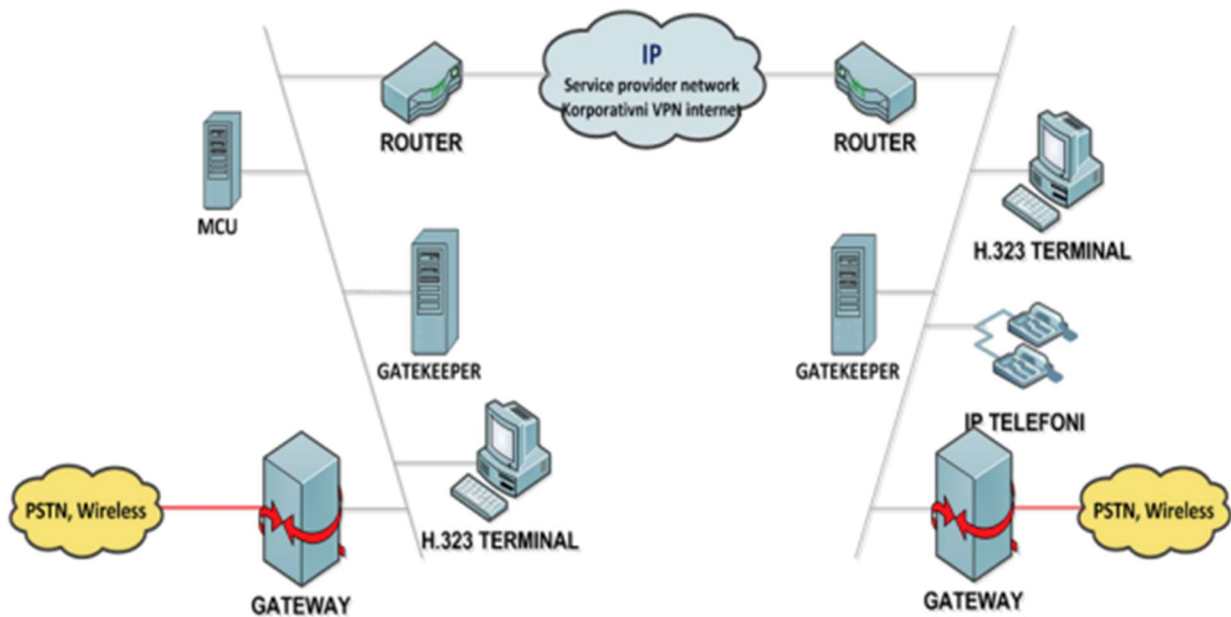
H.323 danas ima veliku upotrebu u prijenosu glasa i zvuka. H.323 se zapravo sastoji od nekoliko protokola koji rade zajedno a oni uključuju: audio i video kodeke, tri načina kontrole konekcija i funkcije multipleksiranja. Za potrebe signaliziranja H.323 koristi konekcijski TCP koji je pouzdan. Radi se o fleksibilnom protokolu koji se može skalirati na različite veličine mreža te ima mnoge podesive parametre. [6]

Arhitektura H.323 protokola, koja je grafički prikazana na slici 2. može se najjednostavnije objasniti kroz 4 međusobno povezane komponente prema [6] :

- Terminal – fundamentalna komponenta u bilo kojem H.323 sustavu. To su krajnji uređaji te oni mogu biti različiti IP telefoni, videokonferencijski sustavi, računalni ili mobilni programi i sl.
- *Gateway* – pristupnici koji omogućavaju prelazak između različitih mreža, to jest tehnologija, služe kao prevodioci između H.323 mreže i neke druge mreže npr. PSTN, ISDN i sl.
- *Gatekeeper* – neobavezne komponente koje kontroliraju rad ostalih komponenti u svojoj zoni zadužen je za registraciju završnih točaka, dostavlja informacije o pozivatelju i pozvanom terminalu, prati propusnost po kanalu i uspostavlja veze između pozivatelja i pozvanog terminala. Tehnički manji H.323 sustavi mogu funkcionirati bez *gatekeeper*-a tako što bi terminali u

pojedinoj zoni komunicirali direktno jedni s drugima no veći sustavi u pravilu imaju *gatekeeper-e*

- MCU (*engl. Multi-point Control Unit*) – komponenta zadužena za upravljanje *multi-point* konferencijama. Sastoji se od MC-a (*engl. Multi-point controller*) koji je zadužen za nagledanje poziva i MP-a (*engl. Multi-point processor*) koji po potrebi radi *mixing* i procesiranje.



Slika 2. Arhitektura H.323 mreže. [3]

### 3.6. SIP

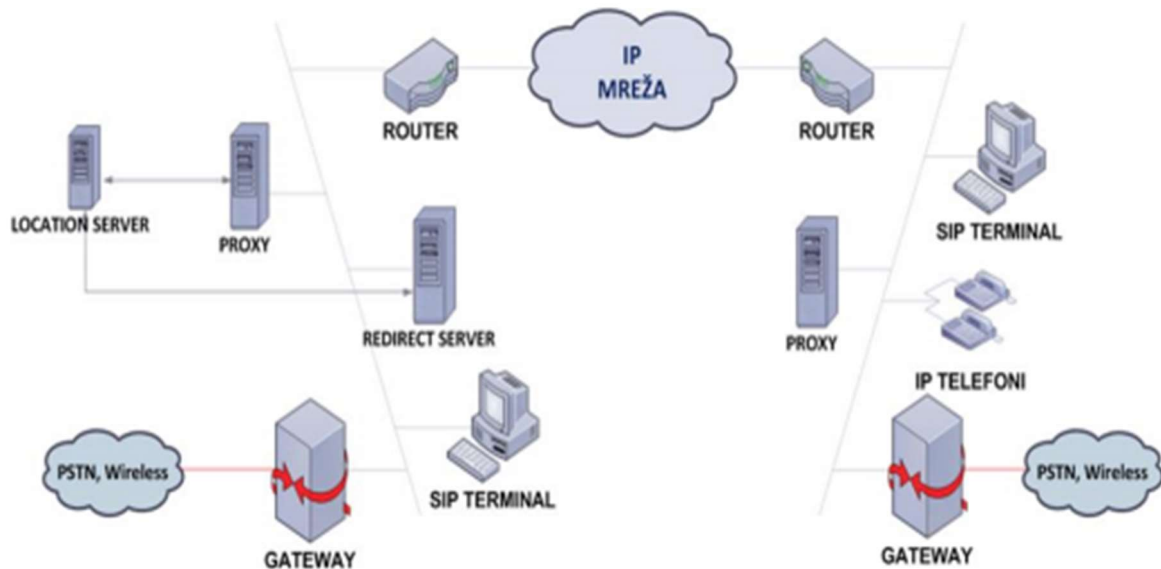
SIP je signalizacijski protokol za pokretanje multimedijske veze. Razvijen je od strane IETF-a (*engl. Internet Engineering Task Force*) no danas se razvija u tandemu s ITU i koristi se kao sve popularnija alternativa H.323 protokolu. Inače se koristi za uspostavu, modifikaciju i raskidanje sesija u multimedijским IP mrežama. SIP se upotrebljava zajedno s drugim protokolima poput prethodno navedenih protokola za prijenos podataka u stvarnom vremenu poput RTP-a za prijenos videa i zvuka[6]

Arhitektura SIP mreže vidljiva je na slici 3. i može se opisati kroz nekoliko komponenata koji međusobno komuniciraju jedni sa drugim. Komponente koje čine SIP mrežu su sljedeće: [7]

- Korisnički agent (*engl. User agent - UA*) – krajnje točke poput: IP telefona, *softphone*, kamere, video zaslona i sl. Svaka krajnja točka u sebi sadrži UA

klijenta (UAC) koji šalje zahtjeve i UA poslužitelja (*engl. User agent server - UAS*) koji odgovara na zahtjeve.

- UA *proxy* poslužitelj – softverski poslužitelj koji šalje poruke drugim *proxy* poslužiteljima ali i drugim UA krajnjim točkama. Služe za pronalaženje lokacije zvanog sudionika od strane UA-a.
- Lokacijski servis – baza podataka u kojoj *proxy* poslužitelj nalazi lokaciju nekog *hosta* ili UAS-a. Ta informacija dobiva se od strane registracijskog poslužitelja.
- Registar – proces ili poslužitelj u kojoj kranja točka objavljuje svoju adresu ili lokaciju. Više korisnika mogu biti registrirani na jednom krajnjem uređaju.
- Poslužitelj za preusmjerenje – *proxy* s pristupom informacija o lokacijskim poslužitelj koji daje informaciju UAC ili *proxy* poslužitelj gdje da šalju poruke i kojom transportnom metodom.

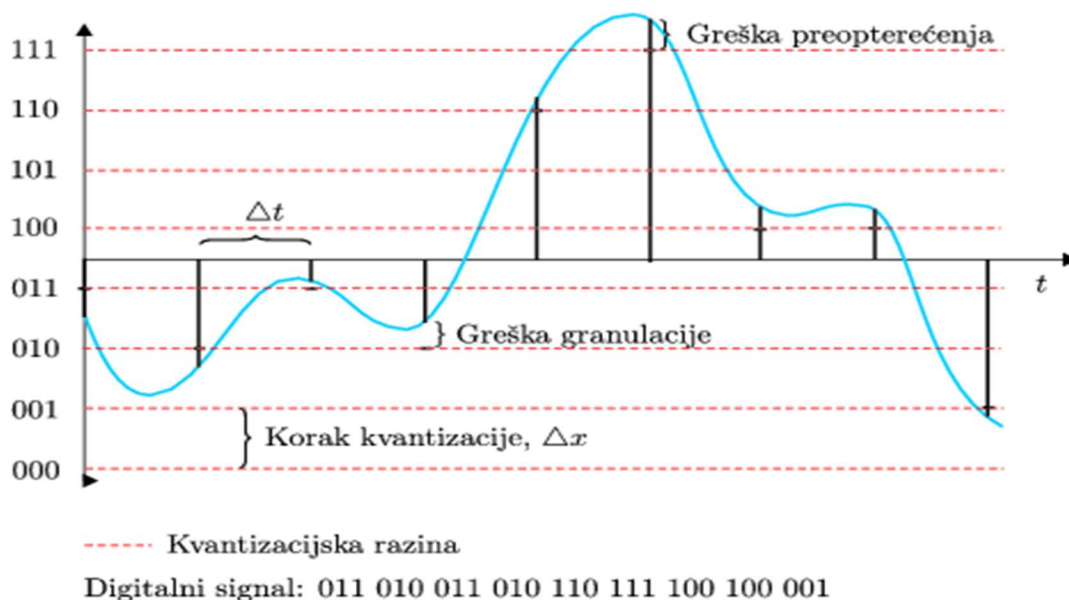


Slika 3. Arhitektura SIP mreže [3]

## 4. Arhitektura mreže za prijenos govora i zvuka preko IP protokola

Prije početka analize arhitekture koja čini mreže za prijenos govora i zvuka preko IP-a treba napomenuti temeljne pojmove i tehnike koje omogućuju postojanje tih mreža. Za početak važno je spomenuti da se te mreže baziraju na komutaciji paketa, za razliku od PSTN komutacije kanala.

Zvuk je po prirodi analogni fenomen što znači da prema [8] ima: “beskonačni broj razina u nekomu skupu mogućih vrijednosti koji su definirani u svakom vremenskom trenutku”. Zvuk, za potrebe slanja i pohranjivanja, transformiramo u digitalni oblik gdje se najčešće koristi Impulsno kodirana modulacija (*engl. Pulse code modulation - PCM*). Ona radi na principu da se kontinuirani signal uzorkuje u određenim vremenskim intervalima na x-osi koja predstavlja vrijeme ( $t$ ) te se za svaki taj uzorak “iščita” vrijednost na y-osi koja označuje amplitudu te se ta vrijednost kodira, odnosno zapisuje nekim brojem ili simbolom. Broj naponskih razina u nekom zadanom intervalu je teoretski beskonačan pa je potrebno ograničiti broj različitih naponskih razina, taj se postupak naziva kvantiziranje. Dakle signal se prvo uzorkuje, a nakon toga se tim pojedinim uzorcima dodjeljuje vrijednost te se oni zapisuje kao brojevi u binarnom sustavu, na taj način iz kontinuiranog analognog signala dobivamo diskretni digitalni signal. Slika 4. prikazuje taj postupak na 3-bitnom sustavu. [9]



Slika 4. Grafički prikaz uzorkovanja i kvantiziranja signala [9]



Nameće se pitanje koliko često je potrebno uzimati uzorke o amplitudi a da informacija ostane nepromijenjena. Nyquist-Shannon-ov teorem uzorkovanja matematički dokazuje da: „ukoliko kontinuirani signal sadrži frekvencije od 0 do maksimalno  $f_c$  Hz tada se on u potpunosti može rekonstruiran iz slijeda uniformno udaljenih diskretnih uzoraka koji se pojavljuju s frekvencijom uzorkovanja  $f_s$  većom od  $2f_c$  Hz.“ [10]

Gdje  $f_c$  označuje maksimalnu frekvenciju u odabranom ograničenom pojasu (često se u literaturi koristi naziv “Nyquistova frekvencija”), a  $f_s$  označuje frekvenciju uzorkovanja koja mora biti minimalno dvostruko veća od Nyquistove ( $f_c$ ). Zbog konačnog nagiba niskopropunskih filtara u području gušenja, to jest, zbog realnih karakteristika ulaznih filtara, u stvarnim sustavima se obično uzima da je frekvencija uzorkovanja nešto viša od minimalne koju zahtjeva gore navedeni teorem uzorkovanja. Neke značajnije frekvencije uzorkovanja u sustavima za prijenos i pohranu zvuka dane su u tablici 1.

Tablica 1. Frekvencije uzorkovanja i njihove namjene u različitim sustavima

8000 Hz	Analogna i digitalna telefonija (G.711), mobilne mreže, adekvatna za prijenos glasa
32 000 Hz	NICAM audio, mini DV, danas se zna koristiti u internet radio streamingu i sličnim broadcast sustavima
44 100 Hz	Audio CD ( <i>red book standard</i> ), temeljen na PAL video sustavu, najčešće korišten u industriji
48 000 Hz	Najniža frekvencija za profesionalnu primjenu, DVD audio, AES preporuka za većinu današnjih aplikacija zbog manjih zahtjeva na ulazni analogni filter, danas se sve češće upotrebljava
50 000 Hz	Prema nekim izvorima to je idealna frekvencija uzorkovanja za audio signal, nije skoro uopće prihvaćena
88 200 Hz	Često korišten u profesionalnom okruženju specifično za mastering CD-a jer je frekvencija višekratnik 44 100 Hz
96 000 Hz	DVD audio, Blu-ray disk, ima profesionalnu primjenu ali i sve veću komercijalnu primjenu za audio zapise visoke kvalitete, višekratnik 48 000 Hz
176 400 Hz	Profesionalna primjena za mastering CD-a, višekratnik 44 100 Hz
192 000 Hz	DVD audio, Blu-ray disk, ima profesionalnu primjenu u visokokvalitetnom snimanju i uređivanju audio zapisa, višekratnik 48 000 Hz
2 822 400 Hz	SACD, 1-bitna sigma-delta modulacija, koristi se u Direct stream digitalu (DSD)

Izvor: [8]

Prethodno navedena je diskretizacija signala po vremenu no za transformaciju signala nužna je i diskretizacija signala po amplitudi, to jest, nužna je kvantizacija amplituda koja beskonačan broj različitih vrijednosti amplituda koje mogu imati uzorci ulaznog signala predstavlja konačnim brojem razina. Proces kvantizacije radi na principu da se svakom uzorku  $X_s$  dodjeljuje vrijednost  $X_q$ . Uzorkovana vrijednost se time razlikuje od kvantizirane zbog nemogućnosti da beskonačan skup razina amplitude (analogni signal) zapišemo kao konačan skup brojeva (diskretni signal). Time u signal unosimo greške kvantizacije.

Zbog unošenja neodređenosti u diskretizirani signal usporedivu s onom koju predstavlja šum u analognom signali, grešku kvantizacije nazivamo i šumom kvantizacije, a kada je greška kvantizacije znatno manja od maksimalne vrijednosti signala onda je ona zapravo bijeli šum čija je funkcija gustoće vjerojatnosti konstantna. U slučaju sinusnog signala taj izraz prema [8] glasi: (1)

$$S/N [dB] = 6,02 \cdot b + 1,7 \quad (1)$$

Odnos signal šum (S/N) je onda funkcija broja bitova kvantizacije  $b$  koji se koriste kod pretvorbe. Dakle povećavanjem broja bitova kvantizacije  $b$  povećavamo broj razina, a ujedno smanjujemo korak kvantizacije (poznat i kao interval kvantizacije) koji je na slici 1. prikazan kao  $\Delta x$  te on predstavlja razliku između dviju razina amplitude.

Prethodno navedena kvantizacija je linearna jer joj je korak kvantizacije iste duljine no postoji i nelinearna kvantizacija gdje se korak kvantizacije dinamički mijenja ovisno o razini. Ta vrsta kvantizacije pogodnija je za signale koji imaju zastupljenije niske razine poput govora. [8]

Sljedeći postupak koji se vrši nad signalom jest kodiranje. U kodiranju prethodno kvantiziranom signalu pridružujemo binarnu kodnu grupu, tj. svaka se diskretna vrijednost pretvara u binarni kod gdje se najčešće koristi Grayev kod koji nije težinski već se u njemu svaka kombinacija razlikuje od prethodne kombinacije za točno jedan bit.

Postoje i druge vrste modulacije poput PDM (*engl. Pulse-density modulation*) koje koriste sigma-delta modulatori i većinski se koriste za digitalnu pohranu signala na Super Audio CD-ima (*engl. SACD*) te koriste značajno veće frekvencije uzorkovanja od onih koje zahtjeva teorem uzorkovanja (npr. SACD koristi  $f_s = 2.8224$  MHz) s jednim kvantizacijskim bitom. Takve metode svrstavaju se u područje

„naduzorkovanja“ tj. uzorkovanja puno višom frekvencijom od one koju zahtjeva Nyquist-Shannonov teorem uzorkovanja.

Naduzorkovanje ima nekoliko prednosti nad „običnim“ uzorkovanjem: [8]

1. Smanjuju se zahtjevi na ulazni *antialiasing* filter koji ne smije propustiti ništa iznad polovice frekvencije uzorkovanja ( $f_s/2$ ) kako ne bi došlo do preklapanja spektara u frekvencijskoj domeni što bi izazvalo pojavu artefakata u signalu. Na taj način se potrebna prijenosna karakteristiku ulaznog nisko-propusnog filtra mijenja na onu „manje strmu“
2. Smanjuje se snaga šuma kvantizacije u osnovnom pojasu u kojemu nalazimo korisni signal tako što se snaga šuma kvantizacije raspoređuje na šire frekvencijsko područje pa efektivno povećavamo odnos signal/šum (*engl. Signal to noise ratio – S/N*)

#### 4.1. Mreža za prijenos govora preko Internet protokola (IP)

Prijenos govora preko Internet protokola, poznatiji kao “*Voice over IP*” je, kao što se da zaključiti iz naziva, tehnologija za prijenos glasovne informacija preko IP mreže. Aplikacije takve mreže bile bi: telefonija, telekonferencija, glasovne poruke, itd.

Primjer poznatih OTT platformi koje koriste VoIP su Skype, Zoom, i Microsoft Teams koji svojim korisnicima nude klasičnu VoIP telefoniju ali i danas sve popularnije usluge poput video konferencija, prebacivanja datoteka, slanje tekstualnih poruka, itd.

VoIP sustavi koriste prethodno objašnjene tehnike uzorkovanja i kvantizacije za pretvorbu analognog signala, u ovom slučaju glasa, u digitalni signal koji je pogodan za prijenos IP mrežom. Jedan od glavnih zahtjeva prvotnih PCM sustava za prijenos glasa bila je razumljivost koja je trebala biti postignuta čak i na niskim zvučnim snagama. Odgovor na taj zahtjev našao se u obliku „komandiranja“ signala, odnosno kompresije/ekspanzije njegove amplitudne karakteristike. S tim zahtjevom na umu ITU-T izdaje standard *recommendation G.711*, punim nazivom: *Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies* [12] koji je zaslužan za ono što se danas smatra osnovnim parametrima digitalne telefonije.

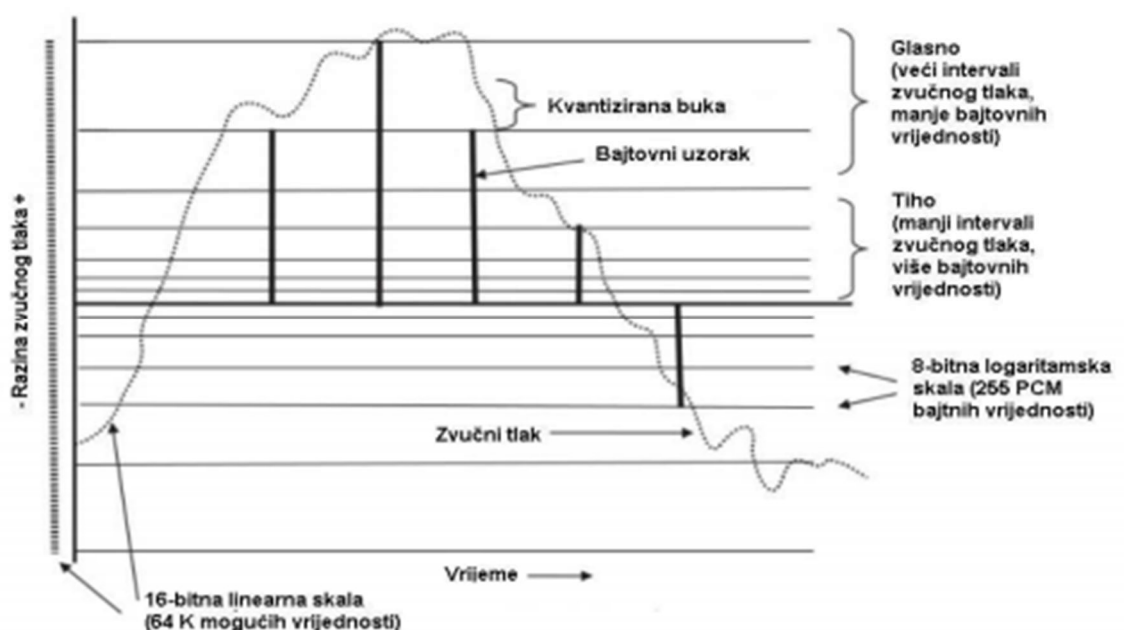
Neki od glavnih zahtjeva koje G.711 definira su: [11]

- Prijenos 4 kHz zvučnog „*bandwidtha*“ koji bi trebao osigurati dovoljnu raspoznavljivost za uspješan prijenos informacije. Još jedan razlog odabira

pojasa od 4 kHz je i nasljeđe od starih analognih prijenosnih sustava koji su također koristili taj pojas.

- Odabir frekvencije uzorkovanja koji je dovoljan da prenese svu informaciju koju želimo prenijeti. Dakle prema Nyquist-Shannonovom teoremu uzorkovanja odabrana frekvencija iznosi  $2 \times 4000 \text{ kHz} = 8000 \text{ kHz}$  ili 8000 uzoraka po sekundi.
- Upotreba 8 bitova po uzorku, odnosno 256 mogućih vrijednosti za svaki uzorak. Kada pomnožimo broj potrebnih bitova sa frekvencijom uzorkovanja dobijemo zauzeće kanala od 64kbps ( $8000\text{kHz} \times 8 \text{ bitova}$ ).
- Kompandiranje signala koje sažima 16 bitni signal ulaznog pretvarača u onaj definiran u G.711 standardu

Kompandiranje zapravo koncentrira enkodiranu glasovnu informaciju na tišu razinu te tako smanjuje broj potrebnih bitova kvantizacije, u ovom slučaju sa 16 (64 000 mogućih vrijednost) na 8 (256 mogućih vrijednosti). Slika 2. prikazuje postupak kompandiranja takvog signala gdje svaka paralelna crta predstavlja jednu kvantizaciju amplitude, vidljivo je da je pri kvantizaciji interval kvantizacije tiših uzoraka manji, znači koristi se nelinearna skala odnosno logaritamska skala. Tim postupkom postižu se sljedeći efekti: povećava se prepoznatljivost glasa tijekom normalnog i tišeg govora, veoma glasni uzorci se uklanjaju te se time sprječavaju neželjene pre glasne razine zvuka za slušaoca i osigurava se da te visoke razine ne oštete mrežu. [7]



Slika 5. Postupak kompandiranja signala [3]

Općenito arhitekturu VoIP mreže prema [12] možemo podijeliti na nekoliko glavnih elemenata:

- Mrežna infrastruktura – podržava VoIP tehnologiju i zapravo je jedna logička glasovna mreža distribuirana preko IP-a koja u sebi pruža konekciju i sam prijenos glasovnih paketa. Zahtjev za takvu infrastrukturu je da mora omogućiti prijenos glasovnih paketa bez značajnih grešaka.
- Procesori (kontroleri) poziva – moduli koji su potrebni za uspostavljanje i nadziranje poziva, autorizacije korisnika, pružanje telefonskih usluga te za kontroliranje brzine prijenosa za svaki pojedinačni link.
- Prevodioci (*engl. Gateways*) – komponente koje omogućuju prelazak između različitih mreža ili tehnologija (npr. prelazak iz PSTN u IP mrežu ili obratno), to jest „pristupnici“ između različitih mreža. Prevodioci ili pristupnici također su potrebni za nastajanje poziva, detekciju poziva te pretvorbu glasa iz analognog u digitalni signal i obratno.
- Korisnički VoIP terminali – različiti VoIP terminalni proizvodi ili uređaji kao što su:
  - VoIP terminali – većinom pružaju iste mogućnosti kao i konvencionalni telefoni dok značajan broj njih nudi i dodatne mogućnosti koje nadilaze one konvencionalnih telefona.
  - Konferencijski VoIP terminali – omogućuju istu vrstu usluge kao obični konferencijski telefoni uz to da je korisnicima dopušteno koordiniranje tradicionalnih podatkovnih usluga
  - Mobilni VoIP terminali – bežične VoIP jedinice koje se poglavito koriste 802.11Q standardom razvijenog od strane IEEE (*engl. Institute of electrical and electronics engineers*).
- Osobna računala i/ili pametni mobilni uređaji – poznatiji kao „Soft phone“ sustavi koji koriste širok dijapazon aplikacijskih servisa (npr. Microsoft Teams, Skype, Zoom, itd) za prijenos glasovne informacije putem IP-a

#### 4.2. Audio over IP – streaming zvuka

Zvučni *streaming* ili *audio over IP* (AoIP) je sve češće korištena OTT (*engl. Over the top*) usluga na zahtjev temeljena na prijenosu zvučne informacije preko IP

mreže. Neki od primjera su Internet radio i teleprezentacije no u ovom poglavlju fokus će biti na prijenos zvuka (većinom glazbe) preko interneta. Takav sustav u većini slučajeva podrazumijeva kompresirane datoteke koje server isporučuje u pravom vremenu terminalnim uređajima koji su najčešće pametni mobilni uređaj ili osobno računalo. Da bi takav sustav funkcionirao potrebna je specifična tehnologija koja podržava prijenos audio sadržaja preko IP-a. Neke od tih tehnologija prema [13] su:

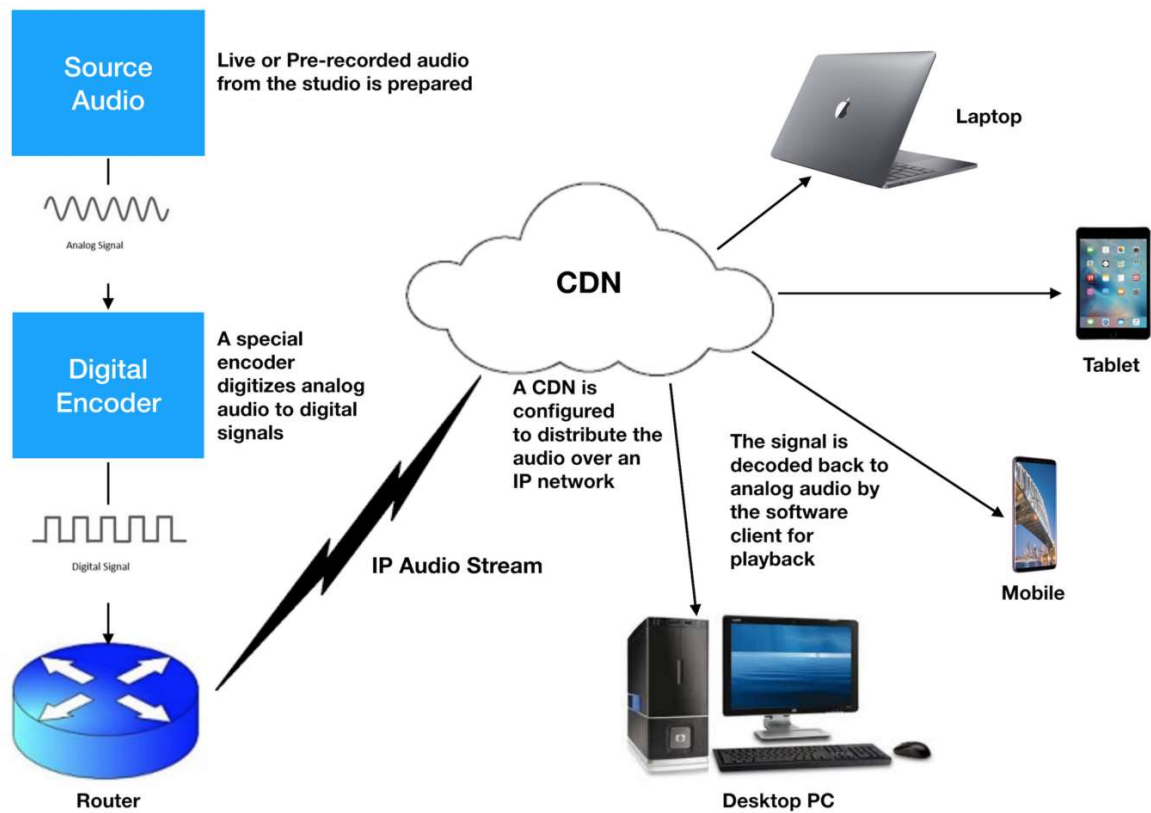
- HTTP - klijent-poslužitelj sustav koji koristi protokole koji nisu *web* bazirani poput: RTP, RTCP i RTSP. Danas se sve manje koriste.
- HTTP Live Streaming (HLS) – *web* baziran protokol razvijen od strane Apple-a. Dijeli *stream* u segmente, generalni princip rada segmentiranja *streama* objašnjen je u poglavlju 4.3.
- Tradicionalni zvučno enkodirani *stream* preko HTTP-a – *stream* se ne dijeli u manje segmente već se preuzima kao datoteka „bez kraja“, nema adaptivnost kvalitete *streama* prema statusu mreže koju pruža HLS ili drugi dinamički sustavi. Neki od popularnijih alata za takvu vrstu prijenosa su Shoutcast i Icecast.

Dobar primjer audio *streaming* usluge je Spotify koja je jedna od najpopularnijih platformi za *streaming* glazbe sa preko 365 milijuna aktivnih korisnika (Q2 2021). Spotify nudi širok izbor glazbe i *podcasta* svojim korisnicima te je od 2013. godine do danas uspio stvoriti deseterostruki rast u broju korisnika. [14]

Spotify je prije 2014. godine koristio kombinaciju *peer-to-peer* i klijent-poslužitelj mreže no od 2014. god. koristi samo klijent-poslužitelj arhitekturom.

U transportnom sloju OSI modela koristi TCP umjesto UDP-a te time garantira dozu pouzdanosti koju UDP ne garantira. Kada se TCP konekcija uspostavi ona se održava do kraja sesije. Primjer arhitekture slične onoj koju koristi Spotify vidljiv je na slici 6., a sastoji se od pohranjenog izvora koji se tehnikama objašnjenima na početku ovog poglavlja pretvara u digitalni oblik te šalje preko usmjernika (*engl. router*) na CDN mrežu detaljnije objašnjenu u poglavlju 52. te iz CDN mreže prema terminalnim uređajima koji preko aplikacije ili web klijenta dekodiraju signal natrag u analogni oblik. Spotify također koristi kompresijske tehnike kako bi smanjio količinu prenesenog podatkovnog prometa, poglavito kodek (*engl. Codec*) otvorenog tipa Ogg Vorbis razvijenog od strane Xiph grupe (također odgovorne za razvitak sve popularnijeg OPUS kodeka). korištena frekvencija uzorkovanja u Ogg Vorbisu je

44,100 Hz, a broj bitova kvantizacije je 16 što uz uvedenu dozu kompresije nad signalom daje respektabilnu kvalitetu zvuka bez velikog generiranog podatkovnog prometa. [15]



Slika 6. Arhitektura AoIP mreže [16]

## 5. Arhitektura mreže za prijenos video sadržaja preko IP protokola

Sve bržim razvojem korisničkih terminala i distributivnih mreža, povećanja propusnosti kanala, napredaka u kompresijskim tehnologijama ali i sve većem zanimanju korisnika došlo je do velikog rasta u generiranom video prometu.

Prema istraživanju *Cisco Systems* [17] generirana količina video prometa na internetu za 2016. godinu bila je 38 116 PB/mjesec (što je približno 72% ukupno generiranog IP prometa na internetu) a prognoza je daljnji rast koji bi do 2022. godine trebao iznositi 109 907 PB/mjesec (približno 82% ukupno generiranog IP prometa na internetu). Takve brojke su značajne. Valja napomenuti da je količina ovakvog prometa najviše uvjetovana samom rezolucijom prikaza video sadržaja koja je sve veća pa je tako sve više sadržaja dostupno u UHD (3840 x 2160 pix) rezoluciji dok se *full HD* nameće kao „*de-facto*“ standard.

Video sadržaj na internetu veoma je značajan kada govorimo o video sadržaju preko IP protokola te on uključuje nekoliko domena:

- video na zahtjev (*eng. Video on Demand - VoD*),
- video zapis uživo (*engl. Live streaming video*),
- video snimljen web kamerom,
- video *monitoring* preko Internet mreže.

OTT (*engl. Over-the-top*) usluge postale su popularan način za pregledavanje video sadržaja preko Interneta. Korisnici ih inače koriste kroz posebne aplikacije ili kroz web preglednik. Većina OTT video usluga uglavnom pruža spremljeni (*engl. stored, VoD*) video sadržaj kao što su Netflix, Youtube, Amazon Prime, HBO Go, Disney+ i sl. ili video sadržaj u stvarnom vremenu poput Twitch platforme, YouTube Live-a i sl.

Postoji više mrežnih arhitektura za prijenos video sadržaja preko IP-a. Najznačajnija arhitektura u današnjim mrežama za prijenos i *streaming* videa preko IP-a je klijent-server HTTP arhitektura objašnjena u nastavku.

### 5.1. HTTP prijenos videa

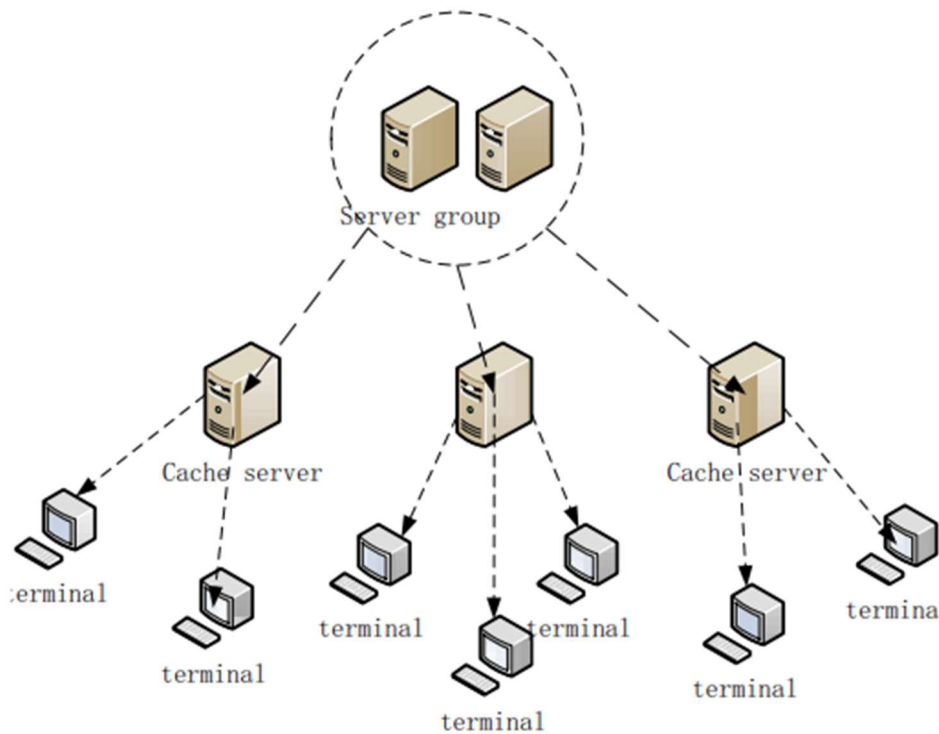
HTTP prijenos multimedije danas je najzastupljenija tehnika prijenosa video sadržaja preko IP-a. To je *streaming* tehnika prijenosa podataka *push* stila koja



omogućuje web poslužitelju da kontinuirano šalje podatke klijentu putem jedne HTTP veze koja ostaje otvorena neodređeno dugo. Tehnički gledano, to se kosi s HTTP konvencijom, ali HTTP *streaming* pokazao se kao učinkovita metoda za prijenos svih vrsta dinamičkih ili na drugi način prenosivih multimedijских podataka između poslužitelja i klijenta. [18]

## 5.2. CDN mreže

CDN (*engl. Content distribution/delivery network*), to jest, mreže za distribuciju sadržaja koriste se za moderan HTTP prijenos web objekata i multimedije preko interneta. CDN mreža sastoji se od velikog broja poslužitelja koji su raspoređeni na više geografski različitih područja distribuiranih kroz više davaoca Internet usluge (*Internet service providers - ISP*). CDN-ovi korisnicima omogućuju *streaming* videozapisa s poslužitelja koji je u tom trenutku „optimalan“ to jest najbliži ili najmanje zaokupljen. Neke od prednosti korištenja CDN-ova su manji broj izgubljenih paketa te ubrzavanje učitavanja web stranica za korisnike, a za davaoce usluga prednosti su velika skalabilnost mreže, manji troškovi i manja zauzetost pojedinačnih poslužitelja jer se isti broj terminalnih uređaja spaja na veći broj *cache* poslužitelja, poznati kao i *edge* poslužitelji. Grafički prikaz CDN arhitekture s uključenim *cache* poslužiteljima zaduženim za pohranu visoko frekventnog sadržaja prikazan je na slici 7. [19]



Slika 7. CDN arhitektura [20]

Postoje i *peer-to-peer* CDN-ovi koji se razlikuju od tradicionalne klijent-poslužitelj HTTP arhitekture po tome da je svaki *peer* „klijent“ a ujedno i „poslužitelj“, takve mreže rade najbolje sa velikim brojem *peerova* te su pogodne kada nije dostupna opsežna i često skupa arhitektura koju zahtjeva klijent-server tehnologija. [21]

### 5.3. MPEG-DASH

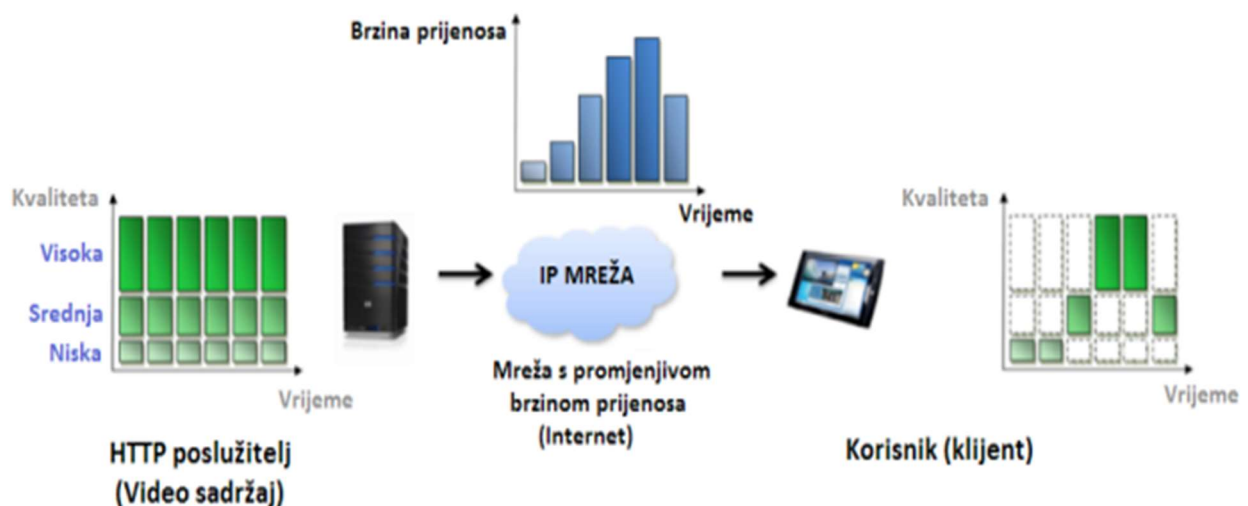
MPEG-DASH (*engl. Dynamic Adaptive streaming Over HTTP*) je jedna od popularnijih tehnika prijenosa multimedijskog sadržaja bazirana na TCP/IP koja se koristi HTTP (*engl. HyperText Transfer Protocol*) poslužiteljima za *streaming* sadržaja. Standard je predstavljen 2010. godine od strane MPEG (*engl. moving picture experts group*) grupe te omogućuje adaptaciju brzine prijenosa ovisno o potrebama/karakteristikama mreže. [22]

DASH radi na sljedeći način: dijeli multimedijски sadržaj na manje HTTP segmente u kojem svaki od podijeljenih segmenta sadrži mali interval od ukupnog vremena sadržaja. Na taj način nastaju višestruke verzije istog multimedijalnog sadržaja kodiranog za različite *bitrate*-e (npr. odabir rezolucije kod gledanja Netflix ili YouTube videa). Klijent tada „odlučuje“ koji segment želi preuzeti sljedeći ovisno o

raspoloživom kapacitetu mreže, odnosno trenutnoj propusnosti, zagušenju, latenciji i sl.

Prije reprodukcije video sadržaja, svaki DASH klijent zahtjeva od poslužitelja MPD (*engl. Media Presentation Description*) datoteku. MPD je hijerarhijski model podataka koji se pohranjuje kao XML (*engl. Extensible Markup Language*) datoteka koja opisuje značajke segmenata multimedijskog sadržaja kao što su: vremenska komponenta, URL (*engl. Uniform Resource Locator*) adresa, dostupna rezolucija slike, dostupno kodiranje s različitim kodecima, dostupna kvaliteta zvuka, audio komponente za različite jezike ili s različitim vrstama informacija (npr. s komentarima redatelja itd.), komponente titlova ili natpisa, itd. [23]

Prikaz konceptata generičke arhitekture gore objašnjenog DASH sustava preko HTTP-a prikazan je na slici 8.



Slika 8. Prikaz rada MPEG-DASH sustava [22].

Navedena adaptivnost DASH-a jedna je od njegovih najvećih prednosti s obzirom da na Internetskoj mreži nema zajamčenog prijenosnog kapaciteta. DASH je danas u sve široj upotrebi zbog svoje otvorene i lako skalabilne prirode, interoperabilnosti između različitih sustava različitih proizvođača, kompatibilnosti s popularnim video (npr. H.264 i H.265) i audio (npr. AAC, OGG Vorbis, OPUS, MP3, itd.) kodecima, itd.

Google je relativno nedavno počeo podržavati DASH kroz HTML5 u Chrome pregledniku ali i kroz sami YouTube dok ga Netflix i Amazon Prime već dulje vrijeme upotrebljava za svoje OTT usluge. [23]

## 6. Utjecaj pandemije COVID-19 na korištenje multimedijских usluga

Ovo poglavlje prezentira statističke podatke vezane uz trendove korištenja multimedijских usluga kojima je vjerojatni uzrok pandemija COVID-19. korištenje multimedijских usluga poput VoIP poziva, telekonferencija i *streaminga* audio/video sadržaja vidljivo se povećalo u gledanom periodu. Slijede neki od podataka relevantnih za ovaj rad.

Za općeniti VoIP, IBISWorld [24] izvješćuje rast u prihodima od 10.8% u 2020. godini što je jedan od potencijalnih pokazatelja na utjecaj pandemije na to područje.

Jedno od zanimljivijih istraživanje vezanih za VoIP/videokonferencije provela je američka udruga Consumer Technology Association [24] nad više od 1000 ispitanika SAD-a, istraživanje je rađeno u 19 „valova“ od kojih je period uzimanja uzoraka za svaki val bio 2 dana, datumi koji reprezentiraju pojedine valove istraživanja dani su u tablici 2. Ispitanicima je postavljeno sljedeće pitanje: „Koje od sljedećih usluga je vaše kućanstvo koristilo u proteklih tjedan dana“ od mogućih odgovora za potrebe ovog rada izdvojen je odgovor „VoIP/Videokonferencijske platforme“ te su ti podaci (u postocima) prikazani tablicom 2. Iz grafikona 1. vidljivo je da porast korištenja videokonferencijskih platformi generalno prati trend povećanja broja novih slučajeva u SAD-u [25]

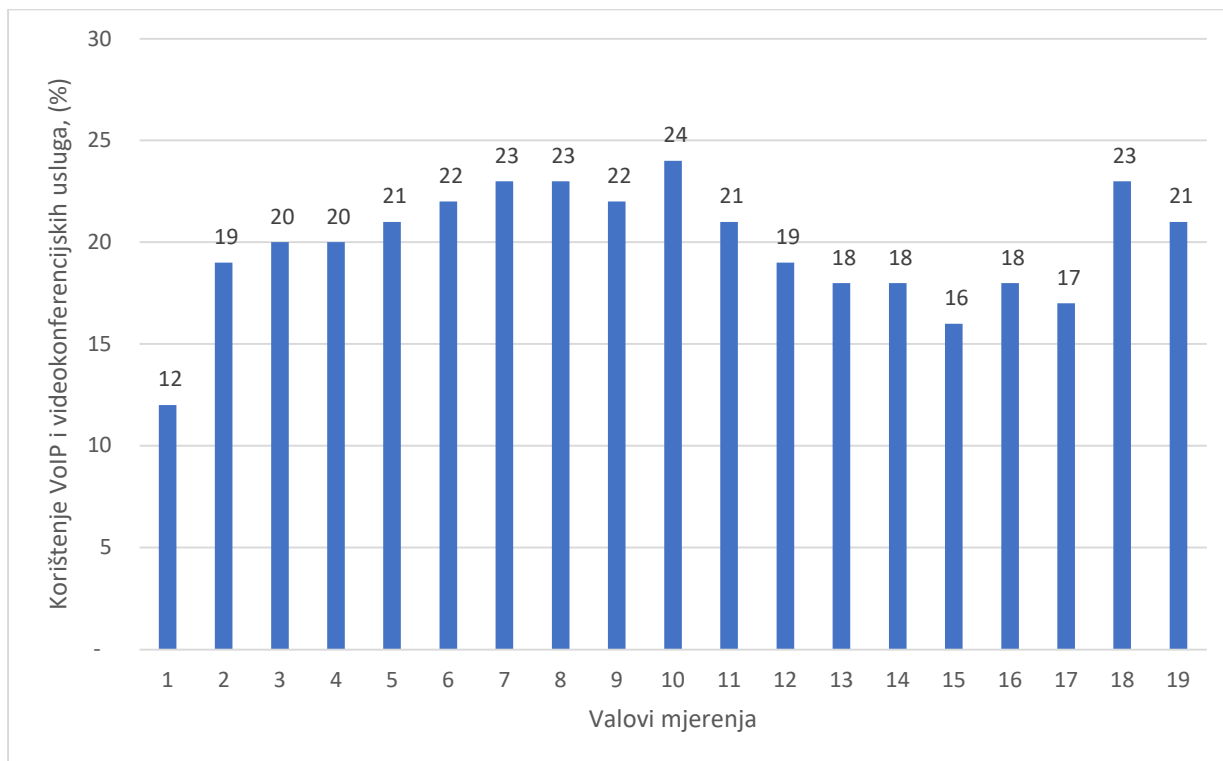
Tablica 2. Datumi uzimanja uzoraka za pojedine valove

Val 1 - ožuljak 27-29, 2020
Val 2 - travanj 3-5, 2020
Val 3 - travanj 10-12, 2020
Val 4 - travanj 17-19, 2020
Val 5 - travanj 24-26, 2020
Val 6 - svibanj 1-3, 2020
Val 7 - svibanj 8-10, 2020
Val 8 - svibanj 15-17, 2020
Val 9 - svibanj 22-24, 2020
Val 10 - svibanj 29-31, 2020
Val 11 - lipanj 12-14, 2020
Val 12 - lipanj 26-28, 2020
Val 13 - srpanj 10-12, 2020
Val 14 - srpanj 24-26, 2020
Val 15 - kolovoz 7-9, 2020
Val 16 - kolovoz 21-23, 2020

Val 17 - rujan 4-6, 2020
Val 18 - rujan 18-20, 2020
Val 19 - listopad 2-4, 2020

Izvor:

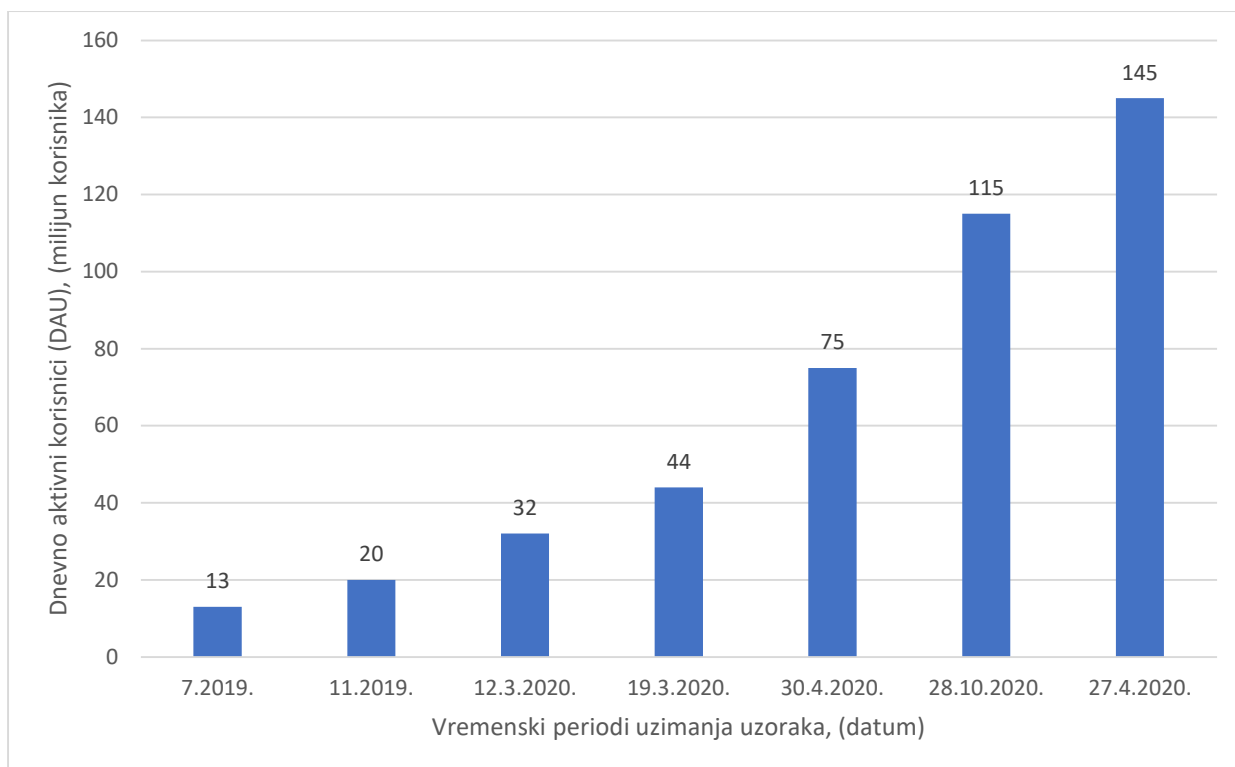
[24]



Grafikon 1. Utjecaj pandemije na korištenje VoIP/videokonferencijskih platformi

Izvor: [24]

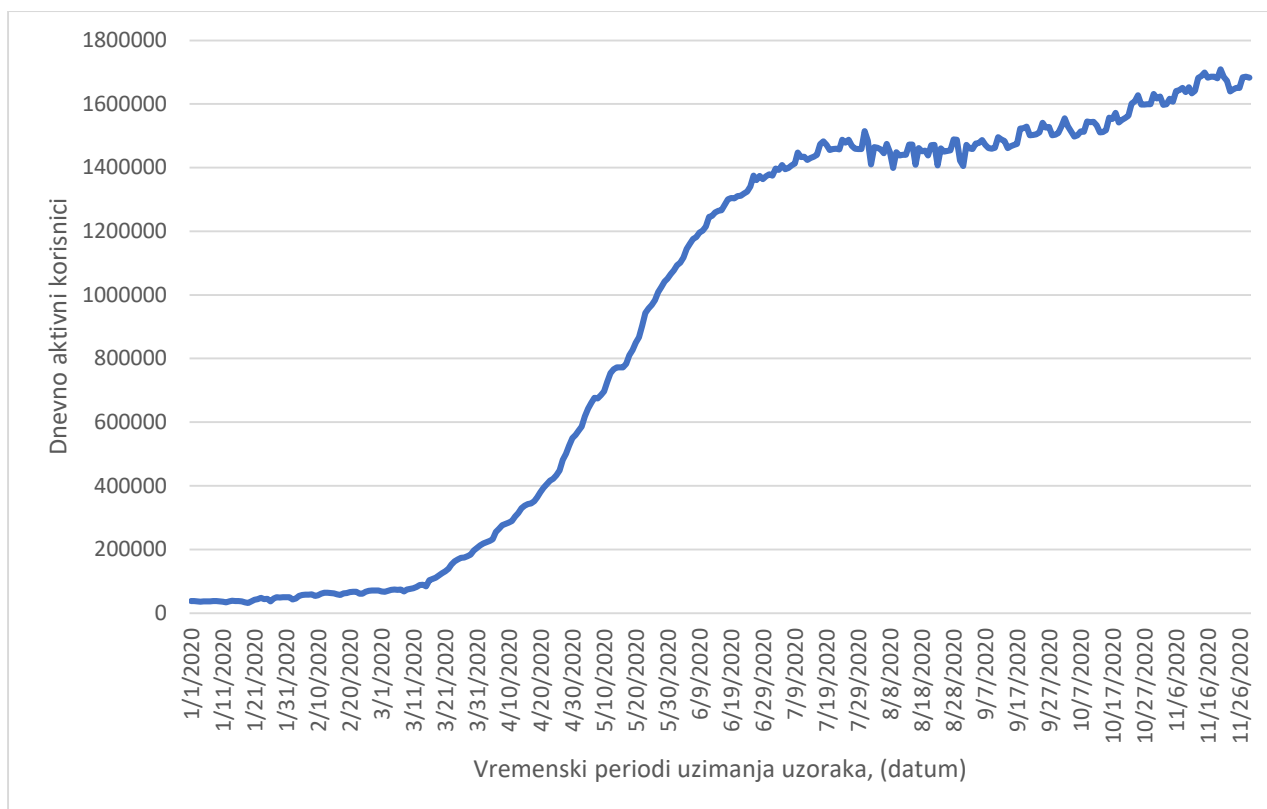
Microsoft Teams jedna je od najpoznatijih VoIP/videokonferencijskih platformi koja je imala vrlo velik rast u broju aktivnih korisnika u nešto više od godine dana od proglašenja pandemije. ZDNet [26] je napravio analizu o tome koliki je bio broj dnevno aktivnih korisnika na MS Teams platformi. Rezultati su vidljivi u grafikonu 2. a trend rasta je izniman. Broj dnevno aktivnih korisnika Microsoftovih timova gotovo se udvostručio u prošloj godini, povećavajući se sa 75 milijuna dnevno aktivnih korisnika u travnju 2020. na 145 milijuna u travnju 2021. godine.



Grafikon 2. Broj dnevno aktivnih korisnika (DAU) VoIP i videokonferencijske platforme Microsoft Teams

Izvor: [26]

Još jedna zanimljiva analiza vezana za korištenje tele/videokonferencijskih usluga objavljena je u studenom 2020. od strane tvrtke Airnow za Zoom platformu. [27] Geografsko područje analize bilo je ograničeno na stanovnike Ujedinjenog kraljevstva. Broj dnevno aktivnih korisnika (*Daily active users* - DAU) Zooma dosegao je vrhunac od otprilike 1,7 milijuna do kraja studenog 2020. Aplikacija za VoIP i videokonferencijske usluge vidjela je početak ogromnog povećanja broja svojih dnevno aktivnih korisnika otprilike u isto vrijeme kada je došlo do velikog širenja virusa u UK-u. Podaci su prikazani grafikonom 3.



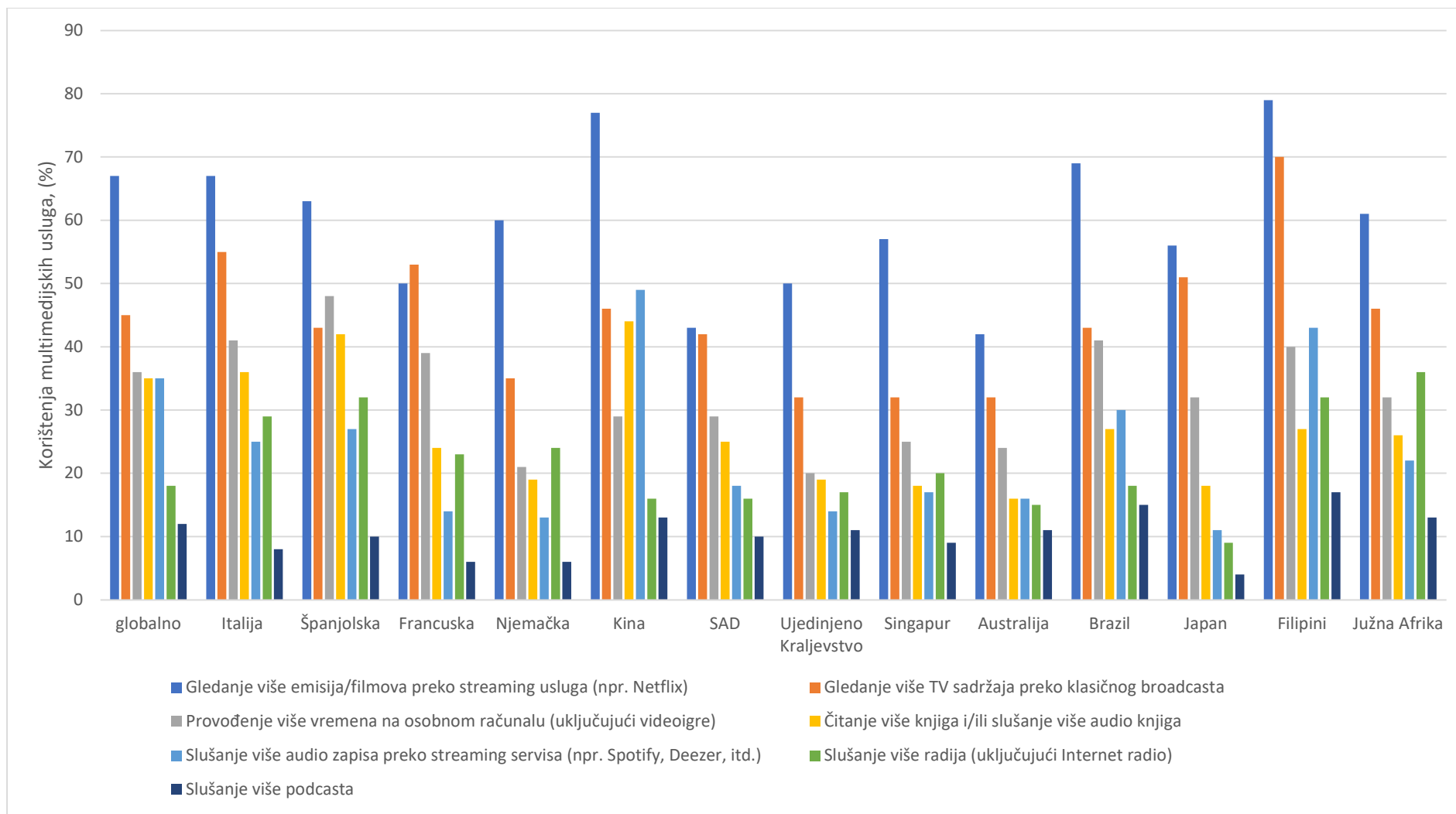
Grafikon 3. Broj dnevno aktivnih korisnika (DAU) Zoom mobilne aplikacije u Ujedinjenom kraljevstvu

Izvor: [27]

Jedno od najtemeljitijih istraživanje o utjecaju korona virusa na različita tržišta provela je tvrtka za marketing GlobalWebIndex (GWI) [28], prvi val istraživanja trajao je od 16.03.2020. do 20.03.2020. U upitniku je sudjelovalo 12 845 ljudi u dobi od 16 do 64 godine, a veličine uzoraka za svaku od 13 uključenih zemalja bile su sljedeće:

1.004 (Australija), 1.001 (Brazil), 1.003 (Kina), 1.016 (Francuska), 1.010 (Njemačka), 1.010 (Italija), 1.079 (Japan), 1.008 (Filipini), 1.008 (Singapur), 573 (Južna Afrika), 1.005 (Španjolska), 1.040 (UK) i 1.088 (SAD). Prvo postavljeno pitanje u istraživanju vezano za utjecaj pandemije na korištenje multimedijских usluga bilo je sljedeće: „Što ste od sljedećeg radili kod kuće zbog izbijanja koronavirusa / COVID-19 pandemije?“

U nastavku je vidljiv Grafikon 4. napravljen pomoću podataka iz prethodno spomenutog GWI istraživanja te treba napomenuti da on sadrži samo neke od odabranih kategorija korištenih multimedijских usluga koje su ušle u domenu ovoga rada.



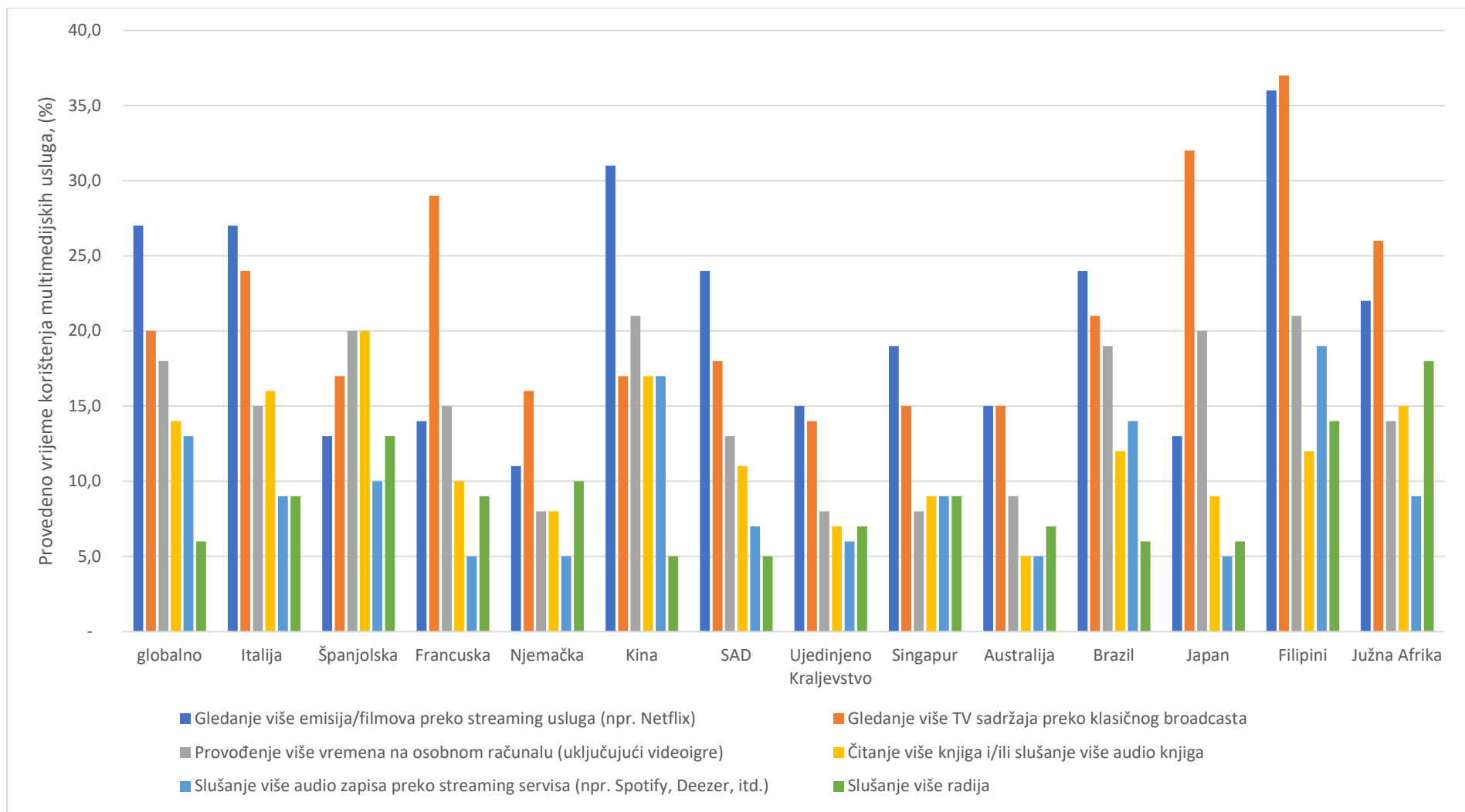
Grafikon 4. Korištenje multimedijских usluga u kući zbog izbijanja korona virusa među ispitanim korisnicima u cijelom svijetu po zemljama

Izvor: [29]



Sljedeće pitanje u istom istraživanju bilo je: „Na što od navedenog trošite znatno više vremena?“ Treba napomenuti da su ispitanici mogli odabrati ponuđene kategorije samo ako su ih već bili odabrali u sklopu prethodno navedenog pitanja.

Parametri istraživanja poput vremenskog perioda istraživanja, dobne skupine te broja ispitanika po pojedinoj zemlji ostali su nepromijenjeni. Iz danog grafikona 5. jasno je vidljivo da neke države prednjače u korištenju multimedijских usluga, primjer toga su Filipini iz kojeg su ispitanici prijavili da radi pandemije provode čak 36% više vremena gledajući video sadržaj preko *streaming* usluga, također provode 37% više vremena gledajući klasični TV sadržaj te 19% više slušaju glazbu preko usluga za *streaming* glazbe za razliku od drugih država di su prijavljene manje brojke. Mogući razlog većeg prijavljenog korištenja multimedijских usluga u Filipinima analizirani su u sedmom poglavlju.

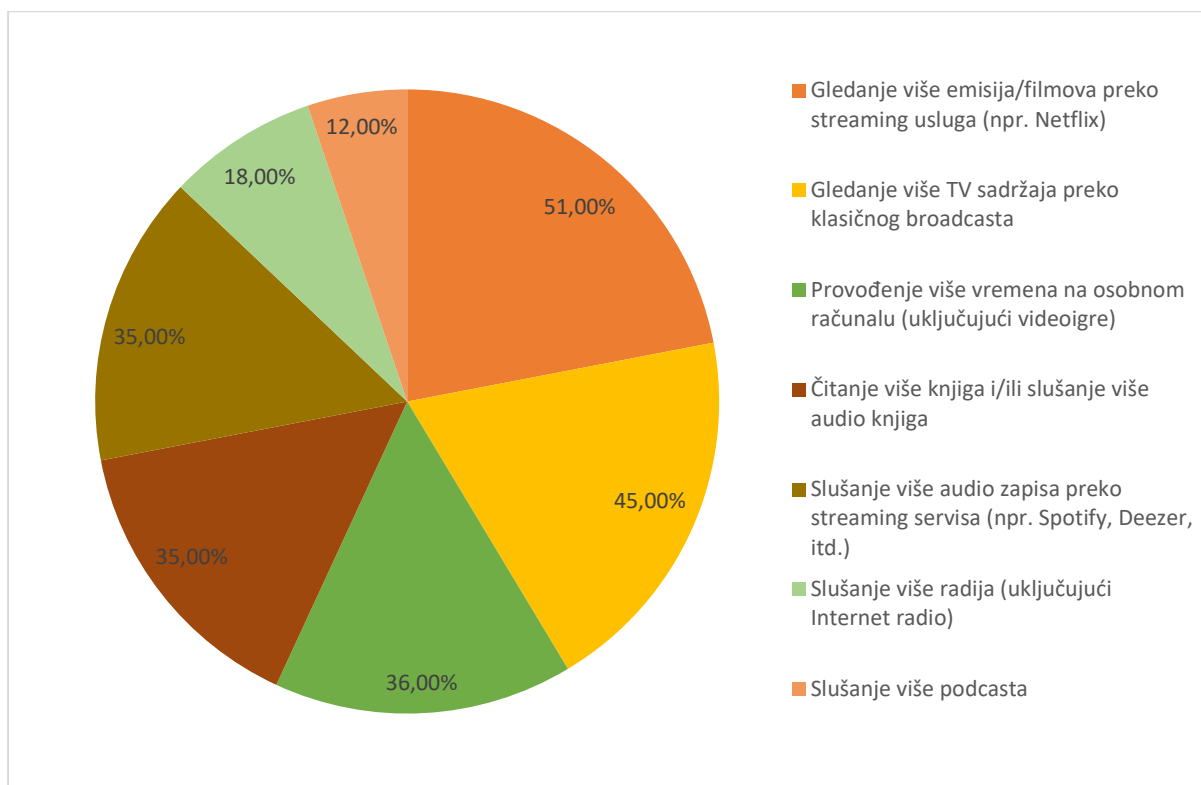


Grafikon 5. Povećanje provedenog vremena korištenja multimedijjskih usluga među ispitanim korisnicima u cijelom svijetu po zemljama

Izvor: [30]

U sklopu prethodno prikazanih podataka u grafikonu 5. izvučeni su samo podaci na globalnoj razini (suma svih ispitanika po zemljama) te su oni prikazani u grafikonu 6. radi lakšeg uočavanja koje su multimedijske usluge bile učestaliji izbor ispitanika te radi jasnijeg prikaza generalnog trenda.

Vidljivo je da video *streaming* usluge (51%) i klasičan prijenos TV sadržaja preko *broadcasta* (45%) prednjače u broju prijavljenog korištenja multimedijskih usluga za razliku od povećanja korištenja usluga za *streaming* glazbe (35%), radija (18%) i podcasta (12%) što nije neočekivan podatak s obzirom na to da većina stanovništva preferira gledanje filmova i serija preko video *streamova* na većim ekranima u svojim domovima dok je *streaming* audio sadržaja poput glazbe često korišten u tandemu s aktivnostima izvan kuće poput puta do posla, šetnje i sl.



Grafikon 6. Korištenje multimedijskih usluga u kući zbog izbijanja pandemije (samo globalni podaci)

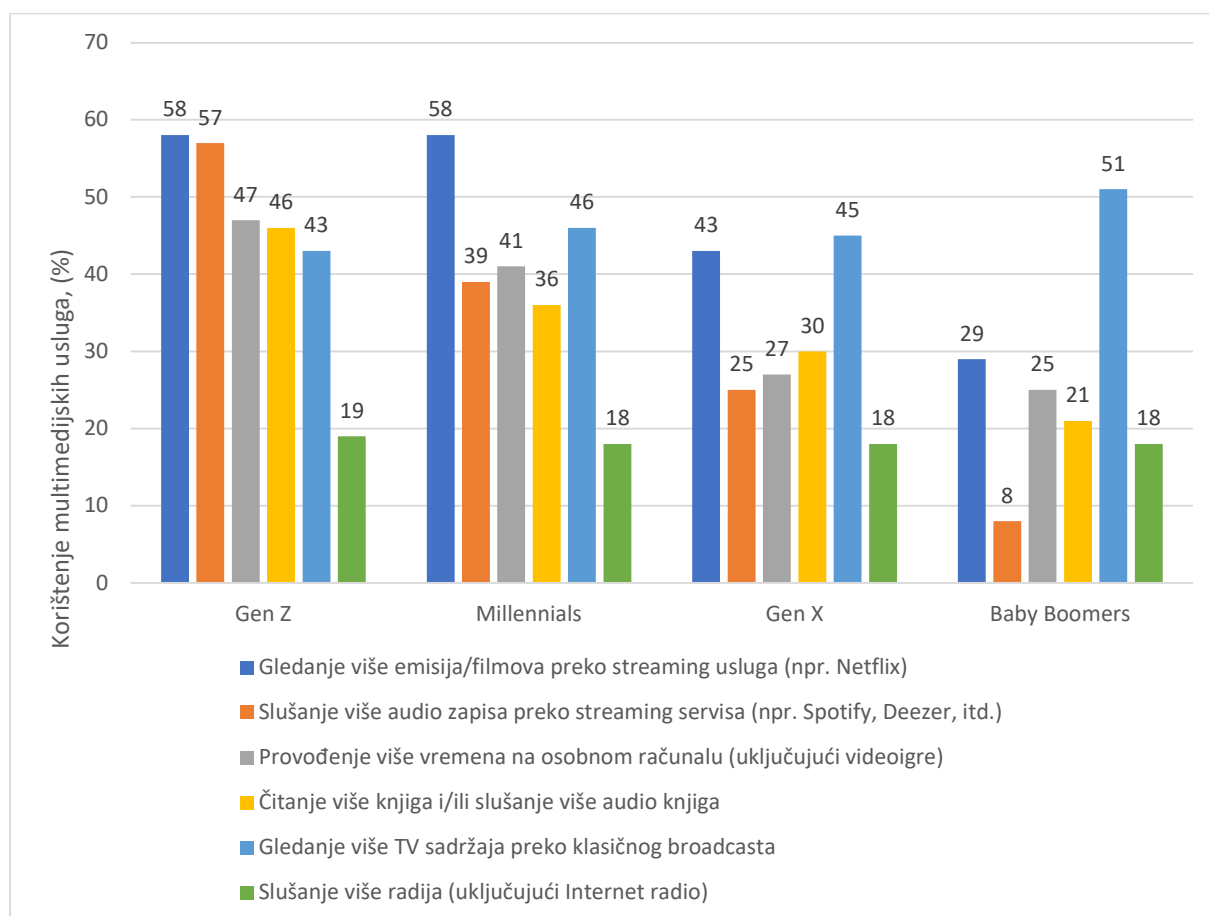
Izvor: [29]

U sklopu istog GWI istraživanja dana je i generacijska slika ispitanog stanovništva. Iz grafikona 7. vidljive su razlike u korištenju raznih multimedijskih usluga u različitim generacijama (dobnim skupinama). Provođioci studije definirali su generacije prema sljedećim dobnim skupinama:

- Gen Z – 16-23 godina
- Milenijalci – 24-37 godina
- Gen X – 38-56 godina
- *Baby boomers* – 57-64 godina

Iz podataka vidljivo je da pripadnici generacije Z prednjače u korištenju svih usluga koje su bili postavljene kao opcije u upitniku osim u gledanju više TV sadržaja preko klasičnog *broadcasta*. U toj kategoriji prednjači najstarija generacija obuhvaćena ovim istraživanjem, a to su *baby boomeri*.

Takvi podaci su očekivani s obzirom na to da je TV *broadcast* među „staromodnijim“ opcijama u ovom istraživanju. Treba napomenuti i razlike u slušanju više glazbe preko audio streaming usluga poput Spotify-a koje su također vidljive iz grafikona 7. Tako su *baby boomeri* u ovom istraživanju prijavili da najmanje slušaju *streamanu* glazbu zbog pandemije među ispitanim dobnim skupinama.

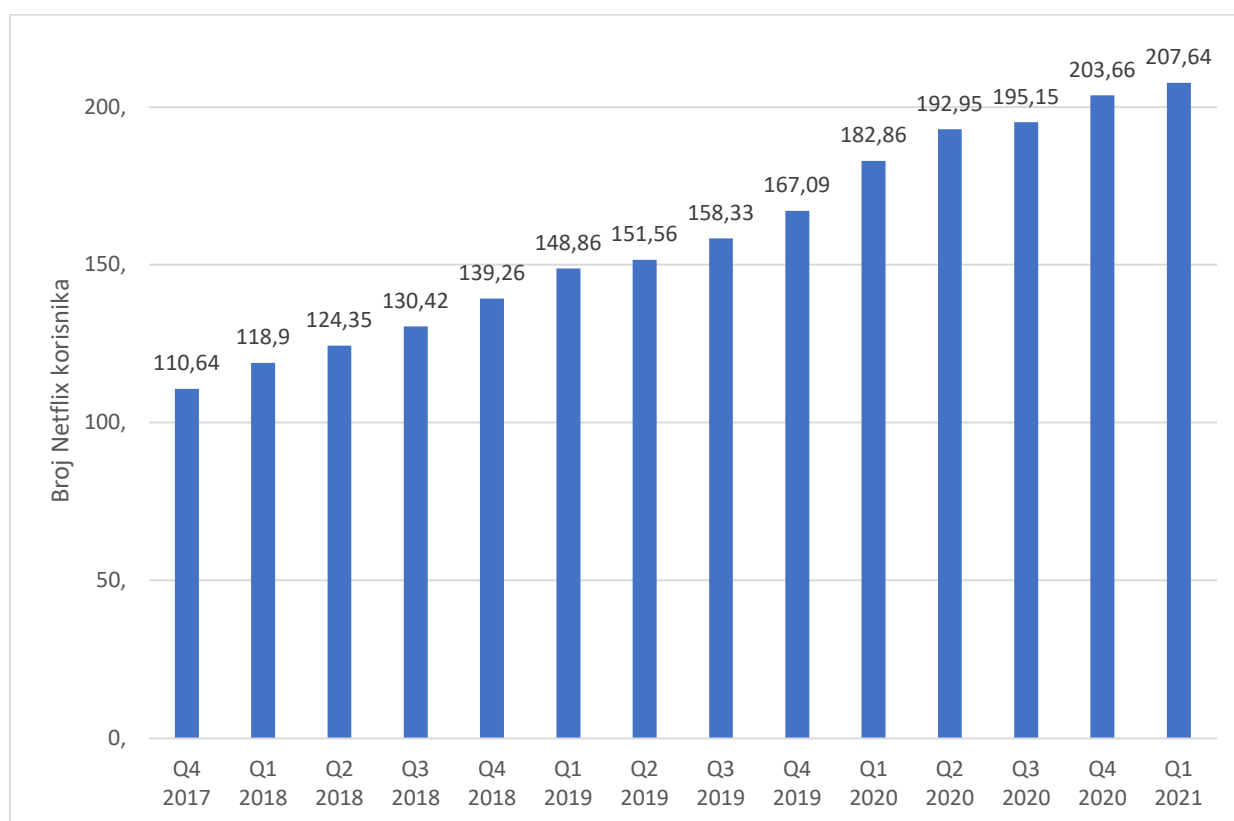


Grafikon 7. Korištenje multimedijjskih usluga u kući zbog izbijanja korona virusa među korisnicima u cijelom svijetu – presjek po generacijama

Izvor: [31]

Grafikon 8. prikazuje globalni broj pretplatnika (u milijunima) Netflix OTT usluge kroz 3 godine, od prvog kvartala 2018. godine (prije pandemije), kroz pandemiju (<Q1 2020) pa sve do kraja prvog kvartala 2021. godine. Podatke je ustupio Netflix [32].

Velik rast Netflix-ovih pretplatnika uočljiv je do Q1 2020 kada se broj pretplatnika povećao sa 167,09 milijuna pretplatnika (Q4 2019) na 182,86 milijuna pretplatnika. To je rast od 15,77 milijuna korisnika u vremenskom periodu od 3 mjeseca što je najviši porast u broju njihovih pretplatnika od kada prijavljuju svoje podatke. S obzirom na pojavu pandemije u tom istom razdoblju ovakvi podaci nisu neočekivani. U sljedećem kvartalu također je vidljivo povećanje pretplatnika od približno 10 milijuna. Sveukupno u razdoblju jedne godine usred pandemije (od kraja Q4 2019 do kraja U Q3 2020) broj Netflix-ovih pretplatnika porastao je za 36,57 milijuna za razliku od prethodne godine gdje je rast u broju pretplatnika iznosio 28,62 milijuna. Nakon Q4 2020 vidljiva je stabilizacija rasta koja traje do danas te je analizirana u sljedećem poglavlju.



Grafikon 8. broj Netflix pretplatnika na globalnoj razini u milijunima korisnika

Izvor: [32]

## 7. Diskusija

U ovom poglavlju diskutirati će se podaci vezani za utjecaj COVID-19 pandemije na korištenje multimedijских mreža predstavljeni u prethodnom poglavlju te donijeti vlastite interpretacije tih podataka i općenitog utjecaja pandemije na multimedijске mreže.

Krajem prosinca 2019. godine u Kini su prijavljeni prvi slučajevi COVID-19 virusa, od tada se virus počeo širiti među Kineskim stanovništvom sve većom brzinom. 11.03.2020. WHO (*engl. World Health Organisation*) proglašava pandemiju, Kroz sljedećih nekoliko mjeseci virus je zahvatio većinu svijeta te države reagiraju sa različitom razinom ozbiljnosti protuepidemijskih mjera.

Od proglašenja pandemije došlo je do značajnih promjena u trendovima korištenja multimedijских usluga. Kratkoročno gledano, u prvih nekoliko mjeseci pandemije došlo je do velikog povećanja u korištenju različitih multimedijских usluga. Razlozi tog povećanja su multi-faktoralni i kompleksni te bi za njihovo šire shvaćanje bilo potrebno još mnogo istraživanja a to nije u fokusu ovoga rada. Ipak u ovom poglavlju biti će predloženi neki od mogućih generalnih razloga povećanja korištenja multimedijских usluga, a to su:

- Povećan obujam slobodnog vremena korisnika zbog rada od kuće, prestanka rada ili smanjenog vremena rada.
- Izravan utjecaj protuepidemijskih mjera koje su u nekim državama (npr. Italija i Filipini) u jednom vremenskom razdoblju značajno ograničile kretanje izvan površine doma.
- Strah od oboljenja i širenja virusa potencijalno je uzrokovao smanjeno kretanje stanovništva te tako rezultirao da korisnici više vremena provedu u domu.
- Zatvaranja kino dvorana, kulturnih centara, koncertnih dvorana te odgađanje ili otkazivanje festivala što je populaciju dodatno usmjerilo *online* multimedijским uslugama.
- Zatvaranja ugostiteljskih objekata.
- Zabrane većih javnih okupljanja u većini zemalja.

U vrijeme pandemije VoIP i videokonferencijske platforme pokazale su ekstreman rast (grafikoni 2. i 3.) u broju dnevno aktivnih korisnika u vrijeme pandemije što se može sagledati iz nekoliko perspektiva:

- Utjecaj poslodavaca na nagli porast novih dnevno aktivnih korisnika koji su radi obveznih mjera distanciranja ili čak zatvaranja fizičkog radnog mjesta bili primorani na početak rada od kuće, što je rezultiralo naglim porastom u broju dnevno aktivnih korisnika na navedenim platformama.
- manjak osobnog kontakta s bliskim osobama zbog protuepidemijskih mjera, što je uzrokovalo da se međuljudski odnosi uživo kompenziraju onima na daljinu.

U grafikonu 1. vidljiv je dugoročni utjecaj pandemije na korištenje VoIP i videokonferencijskih platformi u trajanju od nešto više od pola godine. Prvi val istraživanja trajao je od 27-29 ožujka 2020. (12%), drugi val od 3-5 travnja 2020. (19). Između prvog i drugog vala istraživanja broj prijavljenog korištenja VoIP i videokonferencijskih sustava porastao je za 58% što je najveći porast u navedenom istraživanju između dva vala. Prema mišljenju autora to nije slučajnost s obzirom da je broj zaraženih COVID-19 virusom u SAD-u u periodu od 27. ožujka (119 418 slučaja) do 5. travnja (362 503 slučaja) porastao za 304% (243 085 slučaja) [25]. Nakon ta dva vala vidljiv je blaži ali i dalje neprekidan rast u prijavljenom korištenju navedenih usluga sve do vala 10 (29-31 svibanj 2020) koji je bio maksimum u danom istraživanju. Od vala 10 do vala 17 vidljivo je smanjenje u prijavljenom korištenju navedenih usluga što bi se moglo objasniti popuštanjem mjera u SAD-u u to vrijeme ali za takve zaključke potrebno je više dokaza.

Čini se da se vremenski periodi strožih protuepidemijskih mjera (npr. potpuna zatvaranja) izravno transliraju na povećanje u vremenu korištenja multimedijских usluga kao što je vidljivo iz grafikona 5. Kao primjer dani su podaci Filipina gdje je vidljivo da porast u vremenu korištenja multimedijских usluga odgovara vremenskom periodu u kojemu je proglašeno zatvaranje i u kojemu je građanima Filipina određena mjera obaveznog ostanka u domu [33] (Mjera obaveznog ostanka u domu određena je 16.03.2020., na dan početka GlobalWebIndexove studije).

Kada proučimo generacijsku sliku iz GlobalWebIndex-ovog istraživanja danu tablicom 3. i grafikonom 7. vidljivo je da pripadnici generacije Z (16-23 god.) prednjače

u korištenju svih usluga koji su bili postavljeni kao opcije u upitniku osim u gledanju više TV sadržaja preko klasičnog *broadcasta* što su očekivani podaci s obzirom na manju zainteresiranost novije generacije za jedan od klasičnijih medija poput televizijskog prijenosa te njihove prirodne inklinacije prema novijim tehnologijama. [34].

Još jedan vidljivi trend je da, generalno gledano, što su korisnici bili mlađi to su češće prijavili korištenje multimedijских usluga, a pogotovo onih OTT prirode. Treba napomenuti da su i pripadnici starije populacije (*baby boomeri*) također prijavili značajna povećanja u korištenju „modernih“ multimedijских usluga što sugerira na ubrzanu adopciju multimedijских usluga kojoj je uzrok pandemija.

Netflix-ovi podaci uzeti su kao reprezentativni za širi trend korištenja OTT video *streaming* multimedijских usluga. Iz grafikona 8. dao se iščitati velik porast u broju pretplatnika u 2020. godini, a poglavito u prvom kvartalu 2020. godine gdje je porast bio do tada nezabilježen. Takav rast je vrlo vjerojatno posljedica pandemije, točnije generalnih razloga povećanja korištenja multimedijских mreža pojašnjenih pri početku poglavlja. Vidljiva je i stabilizacija rasta u prvom kvartalu 2021. godine koja bi se mogla gledati kao mogući nusprodukt poboljšanja globalne epidemiološke slike, a time i ublažavanja protuepidemijskih mjera u većini zemalja. Još jedan faktor u usporavanju rasta broja pretplatnika mogao bi biti usporena produkcija novog video sadržaja u prvoj polovici 2021. godine radi izdanih protuepidemijskih mjera. Posljedice sporije produkcije utjecale su na kašnjenja novih filmskih i TV naslova te na taj način smanjili angažman i motivaciju potencijalnih pretplatnika na njihovu uslugu.



## 8. Zaključak

Kroz ovaj rad proučene su neke od osnovnih multimedijских mreža za prijenos glasa, zvuka i video sadržaja preko IP-a. U starijim multimedijским mrežama, ovisno o tipu sadržaja, razvijene su različite multimedijске mreže za prijenos različitih vrsta podataka ali tendencija u zadnjih nekoliko desetljeća je da se sve više sustava ujedinjuje u jednu unificiranu *any service/anytime/anywhere* mrežu koja se temelji na IP-u poput VoIP-a i telekonferencija, audio *streaminga* te video *streaminga* analiziranih u ovom radu.

Utjecaj pandemije COVID-19 je, osim osnova rada multimedijских mreža, bio podjednako bitan fokus ovoga rada. Čini se da je pojava pandemije imala mnoštvo utjecaja na sveukupnu industriju a posebno na korištenje multimedijских mreža. Tako su VoIP i tele/videokonferencijske usluge poput Microsoft Teams-a i Zoom-a uvećale broj svojih dnevno aktivnih korisnika za nekoliko puta u veoma malom vremenskom periodu.

Čini se da još jedan od produkata pandemije COVID-19 bio ubrzana adopcija novih multimedijских usluga poput video *streaminga* kod starijih kao što je vidljivo iz grafikon 7. Upitno je koliko će se ta nova adopcija multimedijских usluga zadržati kod starije generacija nakon ublažavanja protuepidemijskih mjera te nastavka „normalnog“ života.

U poglavlju *diskusija* predložena je nekolicina općih razloga koji su vjerojatni uzročnici predstavljenog neorganskog povećanja u korištenju multimedijских usluga, a oni glavni bili su: Povećan obujam slobodnog vremena korisnika zbog rada od kuće, prestanka rada ili smanjenog vremena rada i Izravan utjecaj protuepidemijskih mjera koje su nekim državama poput Filipina i Italije u jednom vremenskom razdoblju značajno ograničile kretanje izvan površine doma.

Na temelju proučenih podataka i statistika u poglavljima 6. i 7. predlaže se zaključak da postoji korelacija između vremena provedenog koristeći multimedijске usluge navedene u ovom radu i navedenih nusprodukata pandemije COVID-19, no takvu korelaciju bi trebalo dodatno ispitati kroz buduća istraživanja.

## Literatura

1. Martinić J. Telekonferencija. Provjera Martinić Preuzeto sa: <https://sites.google.com/site/provjeramartinic/sinkrona-komunikacija/telekonferencija> (Pristupljeno: Srpanj 2021.)
2. Houvinen L, Niu S. IP Telephony. Helsinki University of Technology. Preuzeto sa: <http://www.cse.hut.fi/fi/opinnot/T-110.5190/1999/papers/04IPTelephony/voip.html> (Pristupljeno: Srpanj 2021.)
3. Franičević I. Arhitektura mreže za prijenos govora IP protokolom. Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2015. Preuzeto sa: <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A66/datastream/PDF/view> (Pristupljeno: Srpanj 2021.)
4. The Internet Society. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. 2003. Preuzeto sa: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3550.pdf> (Pristupljeno: Srpanj 2021.)
5. The Internet Society. Real Time Streaming Protocol (RTSP). 1998. Preuzeto sa: <https://www.ietf.org/rfc/rfc2326.txt> (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
6. The Internet Society. The Use of RSVP with IETF Integrated Services. 1997. Preuzeto sa: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2210> (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
7. Flanagan, W., A.: VoIP and Unified Communications: Internet Telephony and the Future Voice Network, Wiley, 2012.
8. Domitrović H, Jambrošić K, Petrošić A. Prijenos zvuka. Fakultet elektrotehnike i računarstva; 2018. Preuzeto sa: [https://www.fer.unizg.hr/download/repository/Prijenos\\_zvuka\\_SKRIPTA\\_W9Ant\\_zapred.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/repository/Prijenos_zvuka_SKRIPTA_W9Ant_zapred.pdf) (Pristupljeno: Srpanj 2021.)
9. PCM sustavi. Preuzeto sa: [http://marjan.fesb.hr/~radic/ksip\\_0708/ksl\\_0708ch5.html](http://marjan.fesb.hr/~radic/ksip_0708/ksl_0708ch5.html) (Pristupljeno: Srpanj 2021.)
10. Teorem uzimanja uzoraka. Preuzeto sa: [http://laris.fesb.hr/digitalno\\_vodjenje/text\\_2-4.htm](http://laris.fesb.hr/digitalno_vodjenje/text_2-4.htm) (Pristupljeno: Srpanj 2021.)
11. ITU-T REC G.711. Preuzeto sa: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.711> (Pristupljeno: Srpanj 2021.)
12. CARNet CERT. 2006. Preuzeto sa: <https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/CCERT-PUBDOC-2006-03-151.pdf> (Pristupljeno: Srpanj 2021.)

13. Sweet K. Music to My Ears – A Modern Cloud Architecture for Legacy Audio Streams. Sourced group blog. 2019. Preuzeto sa: <https://www.sourcedgroup.com/blog/music-to-my-ears-a-modern-cloud-architecture-for-legacy-audio-streams/> (Pristupljeno: Srpanj 2021.)
14. Statista. Preuzeto sa: <https://www-statista-com.ezproxy.nsk.hr/statistics/367739/spotify-global-mau/> (Pristupljeno: Srpanj 2021.)
15. Pejchinovski G. Spotify – Combining Cache, Peer-To-Peer and Server-Client Architectures for Users’ Satisfaction. Kingston University, 2013. Preuzeto sa: [https://www.researchgate.net/publication/260281013\\_Spotify\\_-\\_Combining\\_Cache\\_Peer-To-Peer\\_and\\_Server-Client\\_Architectures\\_for\\_Users'\\_Satisfaction](https://www.researchgate.net/publication/260281013_Spotify_-_Combining_Cache_Peer-To-Peer_and_Server-Client_Architectures_for_Users'_Satisfaction) (Pristupljeno: Srpanj 2021.)
16. Tabora V. Broadcasting With Audio-over-IP (AoIP). Medium. 2018. Preuzeto sa: <https://medium.com/hd-pro/broadcasting-with-audio-over-ip-aoip-d1f44d63a460> (Pristupljeno: Srpanj 2021.)
17. Cisco prognoza za 2021. Preuzeto sa: [https://www.cisco.com/c/dam/m/en\\_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Global\\_2021\\_Forecast\\_Highlights.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Global_2021_Forecast_Highlights.pdf) (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
18. PubNub repozitorij pojmova. Preuzeto sa: <https://www.pubnub.com/learn/glossary/what-is-http-streaming/> (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
19. Zakas N. How content delivery networks (CDNs) work. Human who codes web stranica. 2011. Preuzeto sa: <https://humanwhocodes.com/blog/2011/11/29/how-content-delivery-networks-cdns-work> (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
20. Bian H, Bai X, Zhang H, Ran M. Research on Auxiliary Content Distribution Based on OPNET on Campus. 2018 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC), 2018, pp. 80-808. Preuzeto sa: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8644664> (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
21. Stutzbach D., Zappala D., Rejaie R. The Scalability of Swarming Peer-to-Peer Content Delivery. Networking Technologies, Services, and Protocols; Performance of Computer and Communication Networks; Mobile and Wireless Communications Systems. Lecture Notes in Computer Science, vol 3462. Springer, Berlin, Heidelberg.

2005. Preuzeto sa: <http://ix.cs.uoregon.edu/~reza/PUB/networking05.pdf>  
(Pristupljeno: kolovoz 2021.)
22. Timmerer C. Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH): Past, Present, and Future. Streaming media magazin. 2013. Preuzeto sa: [https://www.streamingmediaglobal.com/Articles/Editorial/Featured-Articles/Dynamic-Adaptive-Streaming-over-HTTP-\(DASH\)-Past-Present-and-Future-93275.aspx](https://www.streamingmediaglobal.com/Articles/Editorial/Featured-Articles/Dynamic-Adaptive-Streaming-over-HTTP-(DASH)-Past-Present-and-Future-93275.aspx) (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
23. Mueller C. MPEG-DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP). Bitmovin tehnološki blog. 2021. Preuzeto sa: <https://bitmovin.com/dynamic-adaptive-streaming-http-mpeg-dash> (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
24. Statista. Preuzeto sa: <https://www-statista-com.ezproxy.nsk.hr/statistics/1112040/covid-19-impact-on-tech-services-usage-in-the-us/> (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
25. Worldometer statistike. Preuzeto sa: <https://www.worldometers.info/coronavirus/country/us/> (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
26. Statista. Preuzeto sa: <https://www-statista-com.ezproxy.nsk.hr/statistics/1033742/worldwide-microsoft-teams-daily-and-monthly-users> (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
27. Statista. Preuzeto sa: <https://www-statista-com.ezproxy.nsk.hr/statistics/1118860/zoom-daily-active-users-uk/> (Pristupljeno: rujan 2021.)
28. GlobalWebIndex statistike. Preuzeto sa: [https://www.gwi.com/hubfs/1.%20Coronavirus%20Research%20PDFs/GWI%20coronavirus%20findings%20July%202020%20-%20Multi-Market%20Research%20\(Release%2011\).pdf](https://www.gwi.com/hubfs/1.%20Coronavirus%20Research%20PDFs/GWI%20coronavirus%20findings%20July%202020%20-%20Multi-Market%20Research%20(Release%2011).pdf) (Pristupljeno: rujan 2021.)
29. Statista. Preuzeto sa: <https://www-statista-com.ezproxy.nsk.hr/statistics/1106498/home-media-consumption-coronavirus-worldwide-by-country/> (Pristupljeno: rujan 2021.)
30. Statista. Preuzeto sa: <https://www-statista-com.ezproxy.nsk.hr/statistics/1106766/media-consumption-growth-coronavirus-worldwide-by-country/> (Pristupljeno: rujan 2021.)

31. Statista. Preuzeto sa: <https://www-statista-com.ezproxy.nsk.hr/statistics/1106563/home-media-consumption-coronavirus-worldwide-by-generation/> (Pristupljeno: rujan 2021.)
32. Statista. Preuzeto sa: <https://www.statista.com/statistics/250934/quarterly-number-of-netflix-streaming-subscribers-worldwide/> (Pristupljeno: rujan 2021.)
33. Time časopis. Preuzeto sa: <https://time.com/5945616/covid-philippines-pandemic-lockdown/> (Pristupljeno: rujan 2021.)
34. Variety časopis. Preuzeto sa: <https://variety.com/2021/digital/news/gen-z-survey-deloitte-tv-movies-ranking-1234954207/> (Pristupljeno: rujan 2021.)

## Popis kratica

AAC	Advanced Audio Codec
AES	Audio engineering Society
AoIP	Audio over Internet protocol
CD	Compact Disc
CDN	Content distribution/delivery network
CNAME	Canonical name
DSD	Direct Stream Digital
DUA	Daily Active Users
DVD	Digital Versatile Disc
HLS	HTTP Live Streaming
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IEEE	Institute of electrical and electronics engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITU-T	International telecommunication union Telecommunication Standardization Sector
MC	Multi-point controller
MCU	Multi-point Control Unit
Mini DV	Mini Digital Video
MP	Multi-point processor
MPD	Media Presentation Discription
MPEG	Moving Picture Experts Group
MPEG-DASH	MPEG Dynamic Adaptive Streaming over HTTP
NICAM	Near Instantaneous Companded Audio Multiplex
OSI	Open Systems Interconnection Model
OTT	Over-the-top
PAL	Phase-Alternating Line
PCM	Pulse Code Modulation
PDM	Pulse Density Modulation
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of service
RSVP	Resource Reservation Protocol
RTCP	Real time Control Protocol
RTP	Real-Time Transport Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
S/N	Signal to Noise Ratio
SACD	Super Audio Compact Disc
SIP	Session initiation protocol
SSRC	Synchronization Source
TCP	Transmission Control Protocol
UA	User Agent
UDP	User Datagram Protocol

UHD	Ultra High Definiton
URL	Uniform Resource Locator
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice over Internet protocol
WHO	World Health Organisation
XML	Extensible Markup Language

## Popis slika

Slika 1. Neki od protokola za prijenos multimedijskog sadržaja.....	5
Slika 2. Arhitektura H.323 mreže. [3].....	9
Slika 3. Arhitektura SIP mreže [3] .....	10
Slika 4. Grafički prikaz uzorkovanja i kvantiziranja signala [9].....	11
Slika 5. Postupak komandiranja signala [3] .....	15
Slika 6. Arhitektura AoIP mreže [16] .....	18
Slika 7. CDN arhitektura [20] .....	21
Slika 8. Prikaz rada MPEG-DASH sustava [22]. .....	22



## Popis tablica

Tablica 1. Frekvencije uzorkovanja i njihove namjene u različitim sustavima	12
Tablica 2. Datumi uzimanja uzoraka za pojedine valove.....	23

## Popis grafikona

Grafikon 1. Utjecaj pandemije na korištenje VoIP/videokonferencijskih platformi u postotcima .....	24
Grafikon 2. Broj dnevno aktivnih korisnika (DAU) VoIP i videokonferencijske platforme Microsoft Teams u milijunima korisnika.....	25
Grafikon 3. Broj dnevno aktivnih korisnika (DAU) Zoom mobilne aplikacije u Ujedinjenom kraljevstvu .....	26
Grafikon 4. Korištenje multimedijских usluga u kući zbog izbijanja korona virusa među ispitanim korisnicima u cijelom svijetu po zemljama .....	28
Grafikon 5. Povećanje provedenog vremena korištenja multimedijских usluga među ispitanim korisnicima u cijelom svijetu po zemljama .....	30
Grafikon 6. Korištenje multimedijских usluga u kući zbog izbijanja pandemije (samo globalni podaci) .....	30
Grafikon 7. Korištenje multimedijских usluga u kući zbog izbijanja korona virusa među korisnicima u cijelom svijetu – presjek po generacijama .....	31
Grafikon 8. broj Netflix pretplatnika na globalnoj razini u milijunima korisnika .....	32

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

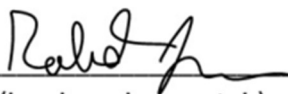
Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ Završni rad \_\_\_\_\_  
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega 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 \_\_\_\_\_ **Utjecaj pandemije covid-19 na multimedijske mreže** \_\_\_\_\_, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 24/6/2022 \_\_\_\_\_

Student/ica:

  
\_\_\_\_\_  
(ime i prezime, potpis)