

UDC: 81:004.7

Info M: str. 20-25

TEHNOLOGIJE MREŽNOG PRENOSA ZVUKA NETWORK AUDIO TRANSFER TECHNOLOGIES

Predrag Veličković, Miroslav Minović, Sanja Krsmanović Veličković

REZIME: Sve više ljudi ima svakodnevni pristup multimedijalnom sadržaju (video materijalima, audio sadržajima, televiziji, podacima itd.) na različitim mrežama, koristeći različite uređaje, kao što su kompjuteri, prenosivi medijski plejeri, televizori, pametni telefoni ili čak mobilni telefoni. Ljudi sa svih krajeva sveta trenutno koriste Internet za slušanje radija, gledanje filmova i televizijskih emisija na zahtev. Poslednjih godina su aplikacije za prenos audiovizuelnog sadržaja putem striminga postale veoma popularne i veliki potrošač Internet protoka. Velike su šanse da se ovaj trend nastavi iz nekoliko razloga. Prvo, cena skladištenja podataka nastavlja ubrzano da opada, što čini ekonomski olakšano skladištiti velike multimedijalne fajlove. Drugo, poboljšanja u samoj infrastrukturi Interneta, široko rasprostranjena dostupnost konekcija sa velikim brzinama, tehnička distribucija sadržaja i protokoli za kvalitet servisa (QoS) će mnogo olakšati distribuciju audiovizuelnog sadržaja kao što su video na zahtev i žive prenose. Treći razlog je sposobnost terminala da ispune zahteve koji postoje za isporuku visokokvalitetnih audio/video materijala koji nude personalizovanu uslugu.

KLJUČNE REČI: Multimediji, multimedijalne komunikacije, mrežni prenos zvuka, VOIP.

ABSTRACT: More and more people have daily access to multimedia content (video materials, audio content, television, data, etc.) on different networks, using a variety of devices, such as computers, portable media players, TVs, smart phones or even mobile phones. People from all over the world now use the Internet to listen to the radio, watching movies and television shows on demand. In recent years, applications for transmission of audiovisual content via streaming has become very popular and a great consumer of Internet bandwidth. There are great chances that this trend continues for several reasons. First, the price of data storage continues to decline rapidly, which makes it economically easier to store large multimedia files. Second, improvements in the infrastructure of the Internet, the widespread availability of high speed connections, technical content distribution and protocols for quality of service (QoS) would greatly facilitate the distribution of audiovisual content such as video on demand and live transmissions. The third reason is the ability of the terminal to meet the requirements that exist for the delivery of high quality audio/video materials that offer personalized service.

KEY WORDS: Multimedia, multimedia communications, network audio transfer, VOIP

1. UVOD

Sve više ljudi ima svakodnevni pristup multimedijalnom sadržaju (video materijalima, audio sadržajima, televiziji, podacima itd.) na različitim mrežama, koristeći različite uređaje, kao što su kompjuteri, prenosivi medijski plejeri, televizori, pametni telefoni ili čak mobilni telefoni. Ljudi sa svih krajeva sveta trenutno koriste Internet za slušanje radija, gledanje filmova i televizijskih emisija na zahtev. Ali oni ne gledaju samo video snimke, već koriste sajtove kao što je *Youtube* da postavljaju i distribuiraju sopstveni sadržaj, čime postaju producenti Internet sadržaja, kao i konzumenti. Broj multimedijalnih servisa kojima korisnici mogu pristupiti putem IP-a se svakodnevno povećava, većinom zbog mogućnosti gledanja televizije ili praćenja različitih događaja, bilo da je u realnom vremenu ili kasnijoj reprodukciji po zahtevu korisnika, kao i videu na zahtev (VoD). Mrežne aplikacije kao što su Skype, Hangouts i QQ (koji je popularan u Kini), ne samo da dozvoljavaju ljudima „telefoniranje” putem Interneta, već daje mogućnost da obogate te pozive video pozivima i konferencijskim pozivima. Možemo sa sigurnošću reći da će se do kraja ove decenije skoro svi video i glasovni pozivi održavati direktno putem Interneta, često bežičnim uređajima povezanim na Internet putem mobilne mreže i WiFi mreže [1].

Sa razvojem kompakt diska (CD) 1982. godine, digitalni audio mediji su brzo zamenili analogne audio medije. Ipak, značajna količina nekompresovanih podataka (1.41 milion bitova po sekundi) potrebnih za digitalni audio su doveli do velikih problema sa prenosom i skladištenjem. Napredak tehnika

kodiranja zvuka i rezultirajući standardi su mnogo pomogli u smanjenju tih problema. Pre 10 godina niko nije verovao da 90% audio podataka može biti obrisano, a da to ne utiče na reprodukciju. Danas to postaje stvarnost i nove tehnologije kodiranja probijaju nove granice.[2]

Svet komunikacije evoluirao konstantno i brzo. U poslednjoj deceniji VOIP zauzima značajnu ulogu u komunikacionom svetu i postaje jedan od glavnih razvojnih mehanizama u komunikacionoj industriji. Jedan od glavnih pokretača brzog razvoja je njegova besplatna i otvorena arhitektura.[3]

2. SVOJSTVA ZVUKA

Digitalni zvuk (uključujući digitalni govor i muziku) ima značajno manji zahtev za protokom od videa. Digitalni zvuk, ipak, ima svoja jedinstvena svojstva koja se moraju uzeti u obzir pri dizajniranju multimedijalnih mrežnih aplikacija.[1]

Svaki zvučni talas ima svojstva koja definišu njegovu frekvenciju, kao što su talasna dužina, amplituda i intenzitet. Kao i kod svetlosnih talasa, frekvencija zvuka ima svoj opseg. Sva živo stvorenje ima različiti nivo percepcije zvuka. To možemo videti u ovom primeru opsega zvuka (u Hz, Hercima)[4]:

- ljudi 20 - 20,000 Hz,
- psi 50 - 45,000 Hz,
- slepi miševi 20 - 120,000 Hz.

Po ovom poređenju, ljudi imaju relativno nisku percepciju zvuka.

3. TEHNIKE KODIRANJA ZVUKA

Pre nego što se zvuk i slika mogu preneti preko kompjuterske mreže, moraju da se digitalizuju i kompresuju. Kompresija je važna zato što nekompresovani audio i video zahtevaju veliku količinu skladištenog prostora i propusnog opsega; uklanjanje nevidljive redundanse u digitalizovanim audio i video signalima može da smanji količinu podataka koje je potrebno skladištiti ili preneti. To je aktivno područje istraživanja više od 50 godina i trenutno ima na stotine popularnih tehnika i standarda za kompresiju zvuka i slike.

Konstantno varirajući audio signal se obično konvertuje u digitalni na sledeći način [1]:

- Analogni audio signal se uzrokuje fiksnim tempom, na primer, 8.000 uzorka po sekundi. Vrednost svakog uzorka je proizvoljan realan broj.
- Svaki uzorak se onda zaokružuje jednim od vrednosti konačnih brojeva. Ova operacija se naziva kvantizacija. Brojevi tih konačnih vrednosti, koji se nazivaju kvantizacione vrednosti, se obično dupliraju, na primer, 256 kvantizacionih vrednosti.
- Svaka kvantizaciona vrednost je predstavljena fiksnim brojem bitova. Na primer, ako imamo 256 kvantizacionih vrednosti, onda je svaka vrednost, kao i svaki audio uzorak, predstavljen jednim bajtom. Bitski prikazi svih uzoraka se spajaju zajedno da formiraju digitalni prikaz signala. Kao primer možemo navesti analogni audio signal koji se uzorkuje na 8.000 uzoraka po sekundi, a svaki uzorak je kvantizovan i predstavljen sa 8 bita, krajnji digitalni signal će imati 64.000 bita po sekundi. Za reprodukciju putem audio zvučnika, digitalni signal se može konvertovati nazad, što se zove dekodiranje, u analogni signal. Ipak, dekodirani analogni signal je samo približan originalnom signalu, a kvalitet zvuka može da bude primetno smanjen (na primer, zvuci visoke frekvencije mogu nedostajati u dekodiranom signalu). Povećavanjem tempa uzorka i broja kvantizacione vrednosti, dekodirani signal se može bolje približiti originalnom analognom signalu. Ipak, potrebno je napraviti kompromis između kvaliteta dekodiranog signala i zahteva skladištenja digitalnog signala.

Osnovna tehnika enkodiranja koja je upravo opisana se naziva puls kod modulacija (PCM). PCM tehnika se obično koristi za enkodiranje govora, sa tempom uzorka od 8.000 uzoraka po sekundi i 8 bita po uzorku, što rezultira stopom od 64 kbps. Govor i muzika enkodirani PCM-om se retko koriste na Internetu. Umesto toga, kao i kod videa, koriste se tehnike kompresije radi smanjenja bita po uzorku protoka. Ljudski govor se može kompresovati na manje od 10 kbps i da bude razumljiv. Popularna tehnika kompresije kojom se dobija kvalitet stereo muzike blizu kvaliteta kompaktnog diska je *MPEG 1 layer 3*, poznatiji kao MP3. MP3 enkodirani mogu da kompresuju na različite vrednosti uzorka; 128 kbps je najčešće korišćena stopa enkodiranja i proizvodi veoma malo gubitka kvaliteta zvuka. Povezani standard je *Advanced Audio Coding* (AAC), koji je popularizovan od strane Apple-a. Kao i kod videa, moguće je

napraviti različite verzije kodiranja zvuka sa različitim vrednostima uzorka.[1]

The Moving Pictures Experts Group (MPEG) sa *International Organization for Standardization* (ISO) su razvili seriju standarda kodiranja zvuka za skladištenje i prenos različitih digitalnih medija. ISO standard precizira sitaksu samo za kodirane bitne-protokole i proces dekodiranja; određena fleksibilnost je dozvoljena za implementaciju enkodera. U prvoj fazi razvoja MPEG-a (MPEG-1) audio koder je radio na jednonalnom ili dvokanalnom stereo modu i stopi uzorka od 32, 44.1 i 48 kHz. U drugoj fazi razvoja je poseban naglasak bio na višekanalnoj zvučnoj podršci i na produžetku MPEG-1 ka smanjenju stopa uzorka i smanjenju bita po uzorku. MPEG-2 audio uglavnom sadrži dva standarda kodiranja MPEG-2 BC [ISO, 1994] i MPEG-2 AAC [ISO, 1997]. Za razliku od MPEG-2 BC, koji je ograničen kompatibilnošću unazad (BC) sa MPEG-1 formatom, MPEG-2 AAC (Advanced Audio Coding) je slobodan i može da pruži bolju efikasnost kodiranja. Najnoviji razvoj je adaptacija MPEG-4 [ISO, 1999] zbog veoma niskih uzoraka bitova kanala, kao što su one koje se nalaze na internetu i mobilnim aplikacijama.[2]

4. MULTIMEDIJALNE MREŽNE APLIKACIJE

Mnoge aplikacije, kao što je video mail, video konferencije i kolaborativni radni sistemi zahtevaju mrežne multimedije. U ovim aplikacijama multimedijalni objekti su skladišteni na serveru i puštaju se kod klijenta. Takve aplikacije zahtevaju emitovanje multimedijalnog sadržaja na različite udaljene lokacije ili pristup velikim bazama multimedijalnih izvora. Multimedijalne mreže zahtevaju veoma visoku stopu prenosa ili opsega, čak i kada su podaci kompresovani. Tradicionalne mreže se koriste da bi obezbedile prenos bez grešaka. Ipak, većina multimedijalnih aplikacija može da toleriše greške u prenosu nastale usled gubitka podataka bez ponovnog slanja ili ispravke. U nekim slučajevima, da bi se ispunili uslovi prenosa u realnom vremenu ili da bi se postigla sinhronizacija, neki podaci se čak i odbacuju. Kao rezultat toga, možemo da primenimo protokole sporog prenosa na multimedijalne mreže.[5]

Multimedijalne mrežne aplikacije definišemo kao mreže koje koriste audio ili video. Svaka klasa aplikacija ima jedinstven skup servisnih zahteva i dizajnerskih problema.[1]

Dve stvari, uzimanje vremena u obzir i tolerancija gubitka podataka, su veoma važne za mrežne multimedijalne aplikacije. Uzimanje vremena u obzir je važno zato što su mnoge multimedijalne aplikacije veoma osetljive na kašnjenje. Mrežne multimedijalne aplikacije su u većini slučajeva tolerantne na gubitke, povremeni gubici uzrokuju samo povremene zastoje u reprodukciji zvuka ili videa, a ti gubici se često mogu delimično prikriti. Ove, osetljive na kašnjenje, ali tolerantne na gubitke, karakteristike se očigledno razlikuju od elastičnih aplikacija kao što su veb, imejl, FTP i Talnet. Za elastične aplikacije duga kašnjenja smetaju, ali nisu štetna, a celovitost i integritet prenešenih podataka su od velike važnosti.[6]

5. TIPOVI MULTIMEDIJALNIH MREŽNIH APLIKACIJA

Veliki razvoj industrije u poslednjih nekoliko godina je doveo audio, video, obradu podataka i komunikaciju u realnom vremenu van granica visoko specijalizovanih aplikacija. Multimedijalne komunikacije su postale deo pravila funkcija standarda podržane od strane korporativne mrežne infrastrukture.[7]

Internet podržava veliki broj korisnih i zabavnih multimedijalnih aplikacija. Multimedijalne aplikacije možemo klasifikovati u tri kategorije: strimovanje skladištenog zvuka/videoa, konverzacioni glas/video-preko-IP i striming direktnog zvuka/videoa [1].

Striming skladištenog zvuka i videa

U ovoj klasi aplikacija korisnik traži na zahtev kompresovani audio ili video fajl koji je skladišten na serveru. Skladišteni audio ili video fajlovi mogu da sadrže predavanja, filmove, muziku, snimljene televizijske emisije, dokumentarce, crtane filmove, arhivu istorijskih događaja ili muzike za video spotove. Klijent može u bilo koje vreme da zahteva za zvučni/video fajl sa servera. Kod mnogih postojećih aplikacija za striming skladištenog zvuka/videoa, klijent će započeti reprodukciju audio fajla nakon nekoliko sekundi dok nastavlja preuzimanje fajla sa servera. Ovi unapred snimljeni materijali se postavljaju na server i korisnici šalju zahtev serveru kako bi pristupili materijalu na zahtev.

Striming skladištenog audia i videa ima tri ključne karakteristike [6]:

- **Skladištenje medija** – multimedijalni sadržaj je snimljen i skladišten na serveru.
- **Striming** – kod aplikacija za striming skladištenog audia/videoa korisnik obično počinje reprodukciju par sekundi nakon što je počeo da preuzima sadržaj sa servera. Striming izbegava preuzimanje celog fajla pre početka reprodukcije.
- **Kontinualno reprodukcije** – Kada reprodukcija multimedijalnog sadržaja počne, trebalo bi da nastavi reprodukciju prema originalnom vremenu snimanja.

Najvažnije merilo performanse striminga zvuka/videoa je prosečan protok. Da bi se obezbedila neprekidna reprodukcija, mreža mora da obezbedi prosečan protok aplikaciji za striming koja je bar veličine kao veličina protoka samog audia/videoa. Korišćenjem bafera i učitavanja unapred moguće je obezbediti neprekidnu reprodukciju, čak i kada protok varira, dok god prosečan protok (u intervalu od 5-10 sekundi) ostaje iznad protoka audia/videoa. Za mnoge striming aplikacije, unapred snimljeni audio/video se skladišti i strimuje sa CDN-a, a ne iz jednog data centra. Ujedno postoje i mnoge P2P audio/video striming aplikacije kod kojih je audio/video skladišten kod korisnika (peer-ova), sa različitim delovima audia/videoa koji se preuzima sa različitih peer-ova koji se mogu nalaziti bilo gde na Zemlji.[1]

Konverzacioni glas i video preko IP-a

Internet je postao jedan od najvažnijih medija komunikacije. Često je Internet osnova za spoj različitih medija. Danas je očekivano da se Internet protokol (IP) koristi ne samo za klasične Internet servise, već za sve tipove komunikacija od televizije, radija i telefona. Glas preko Internet protokola (VoIP), drugim rečima telefonija na bazi Internet tehnologije, dobija sve više na važnosti. U poređenju sa klasičnim ISDN ili PSTN telefonskim sistemom, VoIP ne pruža samo uštedu zbog efikasnijeg korišćenja fizičkih linija u pogledu međugradskih poziva, već i zbog smanjenja komplikacija i kod gradskog povezivanja.[8]

Ova klasa aplikacija dozvoljava ljudima da koriste audio/video kako bi komunicirali jedni sa drugima u realnom vremenu. Interaktivni audio u realnom vremenu preko Interneta se često naziva Internet telefonija. Internet telefonija može da pruži *private branch exchange* (PBX), telefonski servis za lokalne i međugradске pozive po veoma niskoj ceni. Ujedno može olakšati razvoj novih servisa koji nije moguće podržati tradicionalnim telefonskim mrežama. Sa interaktivnim videom u realnom vremenu, koji se ujedno naziva video-konferencija, osobe mogu da komuniciraju vizuelno, kao i oralno.[6]

Dve ose, uzimanje u obzir vremenskog okvira i tolerancija gubitka podataka, su veoma važne za konverzacionalne glasovne i video aplikacije. Uzimanje vremena u obzir je važno zato što su konverzacione audio i video aplikacije veoma osetljive na kašnjenje. Za konverzacionu dva ili više sagovornika, kašnjenje od govora ili pokreta korisnika do prikaza te radnje na drugoj strani treba da bude manje od nekoliko stotina milisekundi. Za glas, kašnjenje manje od 150 do 400 milisekundi nije primetno za osobu koja sluša, zbog čega je kašnjenje od 150 do 400 milisekundi prihvatljivo, a kašnjenje koje prelazi 400 milisekundi može biti frustrirajuće, ako ne i nerazumljivo, za glasovne razgovore[1].

Striming zvuka i video u realnom vremenu

Ova treća klasa aplikacija je slična tradicionalnom emitovanju radija i televizije, osim što je prenos putem Interneta. Ove aplikacije omogućavaju korisnicima da primaju radio i televizijske prenose u realnom vremenu, kao što su sportski događaji ili trenutne vesti, koji se emituju na bilo kojem kraju sveta. Danas, na hiljade radio i televizijskih stanica širom sveta emituju svoj sadržaj putem Interneta.

S obzirom na to da striming zvuka i videa u realnom vremenu nije skladišten, korisnik ne može da ubrzava sadržaj. Uz lokalno skladištenje primljenih podataka, druge interaktivne operacije, kao što su pauziranje i vraćanje sadržaja unazad kroz emitovanje multimedijalnog sadržaja u realnom vremenu, su moguće u nekim aplikacijama. Aplikacije koje emituju sadržaj u realnom vremenu često imaju mnogo korisnika koji primaju isti audio ili video program. Distribucija zvuka ili videa u realnom vremenu prema mnogo primalaca može da bude efikasno postignuta koristeći IP multikasting tehniku. U današnje vreme, prenos zvuka i videa u realnom vremenu se postiže koristeći više odvojenih pojedinačnih protoka.[6]

Kao i kod striminga skladištenih medija, mreža mora da podržava protok za svaki multimedijalni sadržaj koji je u procesu veći od potreba emitovanog medijskog sadržaja. Zbog toga što se događaj emituje u realnom vremenu, kašnjenje može da predstavlja problem, iako su vremenska ograničenja manje stroga od onih koja se koriste kod konverzionog prenosa glasa. Kašnjenje do deset sekundi od vremena kada je korisnik odabrao da gleda prenos u realnom vremenu do početka prenosa može da se toleriše. Mnoge tehnike koje se koriste za striming media u realnom vremenu, početno kašnjenje bafera, korišćenje prilagodljivog protoka i CDN distribucija, su slične kao i kod striminga skladištenih media.[1]

6. VOIP

Na početku 21. veka povećan kapacitet prenosa mreže i poboljšani metodi digitalne obrade audio i video signala su omogućili korišćenje Interneta za glasovnu i video komunikaciju u realnom vremenu. *VoIP* (*voice over Internet Protocol*) omogućava prenos digitalne forme glasa u paketima UDP / TCP / IP. Korišćenje IP mreže za prenos telefonskih poziva ima svoje posebne poteškoće. Mrežni parametri kao što su varijacija kašnjenja paketa (*jitter*), gubitak paketa i veličina protoka utiču na kvalitet i jasnoću prenešenog audio signala. Drugi parametri ne utiču na prenešeni govor direktno već doprinose smanjenju kvaliteta konverzacije ili dovode do kašnjenja.[9]

Svet komunikacije konstantno i brzo evoluirao. U poslednjoj deceniji *Voice over IP* (*VoIP*) zauzima značajno mesto u svetu komunikacija i postao je jedan od glavnih evoluirajućih mehanizama i komunikacionoj industriji. Postoji mnogo značajnih pokretača koji stoje iza VOIP-a, posebno ako uporedimo VOIP sa Javnom telefonskom mrežom (*Public Switched Telephone Network - PSTN*). Glavni pokretač je to što VOIP pruža jeftinije cene poziva, drugi pokretač je sposobnost ubacivanja drugih servisa pored glasovnog, kao što su tekstualni i video servisi, sledeći ključni pokretač je to što se VOIP ubrzano razvija i omogućava kreativnost zbog svoje besplatne i otvorene arhitekture[10]. Ipak, VOIP ima i problema. Glavni problem je slab kvalitet servisa (gubitak u prenosu, odlaganje i kašnjenje paketa) u poređenju sa PSTN-om. Drugi bitan problem je neefikasno korišćenje protoka podataka.[3]

Protokol mrežnog sloja Interneta, IP, pruža uslugu najbolje što može. Drugim rečima, usluga daje sve od sebe da preneše svaki datagram od izvora do odredišta što je brže moguće, ali ne obećava da će dostaviti paket na odredište u određenoj granici kašnjenja ili granicu procenta izgubljenih podataka. Manjak tih garancija nameće određene izazove dizajnu aplikacijama za konverzaciju u realnom vremenu, koje su izuzetno osetljive na odlaganje, kašnjenje i gubitak paketa. Ako svaki paket stigne do primaoca sa konstantnim odlaganjem, onda će paketi stizati primaocu periodično svakih 20 milisekundi. U ovim idealnim uslovima, primaoc može jednostavno da reprodukuje svaki deo čim stigne. Ali nažalost, neki paketi mogu biti izgubljeni, a većina paketa neće imati isto odlaganje, čak i kod neopterećenog protoka Interneta. Iz ovog razloga, primaoc mora da odluči kada da reprodukuje deo ili šta da radi sa izgubljenim delom.[1]

7. PROTOKOLI PRENOSA ZVUKA U REALNOM VREMENU

Protokoli prenosa u realnom vremenu (RTP) obezbeđuju servis isporuke od-kraja-do-kraja sa realnovremenskim karakteristikama, kao što su interaktivni zvuk i video. Ti servisi uključuju identifikaciju, obeležavanje sekvenc brojevima, dodeljivanje vremenskih pečata i praćenje isporuke. RTP podržava prenos na više odredišta koristeći *multicast* distribuciju ukoliko je podržava korisnička mreža.[11]

RTP tipično radi na UDP-u. Strana koja šalje određuje deo medija u RTP paketu, onda određuje paket u UDP segmentu, a nakon toga predaje segment IP-u. Strana koja dobija podatke vadi RTP paket iz UDP segmenta, onda vadi deo medija iz RTP paketa, a nakon toga šalje deo media plejeru na dekodiranje i renderovanje. RTP ne obezbeđuje mehanizme za obezbeđivanje isporuke na vreme ili druge garancije kvaliteta servisa, već se za te stvari oslanja na servise nižih slojeva. Ako aplikacija usvoji RTP, umesto zaštićenih da obezbedi tip prenosa, brojeve sekvenci, vremenskih oznaka, onda će aplikacija lakše raditi sa ostalim multimedijalnim aplikacijama. RTP pakovanje se vidi samo na krajnjim sistemima. Ruteri ne prave razliku između IP dijagrama koji prenose RTP pakete i IP dijagrama koji to ne prenose. RTP dozvoljava da se svakom izvoru dodeli jedinstven RTP tok paketa. RTP paketi nisu ograničeni aplikacijama sa jedinstvenim emitovanjem. Ujedno se mogu slati preko jednog-na-više i više-na-više multikasting grana. Za više-na-više multikasting sesija, svi pošiljaoci i izvori u sesiji koriste istu multikast grupu za slanje njihovih RTP tokova. RTP multikast tokovi koji su zajedno pripadaju istoj RTP sesiji.[6]

Kao primer možemo uzeti RTP za transfer zvuka. Pretpostavimo da je izvor glasa enkodiran u PCM-u na 64 kbps. Onda pretpostavimo da aplikacija prihvata enkodirane podatke u delovima od 20 milisekundi, što je 160 bajta po delu. Strana koja šalje obeležava svaki deo zvuka sa RTP hederom koji uključuje tip audio enkodinga, broj sekvence i vreme. RTP header je normalno veličine 12 bajta. Deo zvuka sa RTP hederom čini RTP paket. RTP paket se onda šalje UDP interfejs soket. Aplikacija vadi deo zvuka iz RTP paketa i koristi polja hedera RTP paketa da pravilno dekodira i reprodukuje deo zvuka.[1] Postoje dve glavne tehnologije- RTP i RTCP. Protokoli prenosa u realnom vremenu (RTP) otvaraju samo jedan port za prenos podataka. RTCP otvara dva porta za komunikaciju. Jedan za prenos medijskih podataka (port sa parnim brojem) i jedan za kontrolu (informacije o kvalitetu servisa i kontrolu medija) – RTCP. Brojeve portova nije teško definisati, oni zavise od aplikacije. Paketi zvuka se šalju koristeći RTP/RTCP za SIP i VOIP pozive. RTP može da šalje medije obeležene parametrima i registrovane od strane vlasti za dodeljivanje brojeva na Internet (IANA).[12]

Session Initiation Protocol (SIP) je jedan od najčešćih protokola koji se koriste u VoIP tehnologiji. To je protokol aplikacionog sloja koji radi kao spona sa drugim protokolima aplikacionog sloja da kontroliše sesiju multimedijalne komunikacije preko Interneta.

Navešćemo par tačaka u vezi SIP-a [13]:

- SIP je signalizirajući protokol koji se koristi da napravi, menja i prekida multimedijalne sesije preko Internet protokola. Sesija nije ništa drugo nego jednostavan poziv između dve krajnje tačke. Krajnja tačka može biti pametan telefon, laptop, ili bilo koji uređaj koji može da prima i šalje multimedijalni sadržaj preko Interneta.
- SIP je protokol aplikacionog sloja definisan od strane IETF (*Internet Engineering Task Force*) standarda. Definisan je u RFC 3261.
- SIP je uključen u dva najčešće korišćena protokola: HTTP za pretraživanje Internet sadržaja i SMTP koji je koristi za e-mail. Od HTTP-a je SIP „pozajmio“ klijent-server arhitekturu i korišćenje URL-a i URI-a. Od SMTP-a je „pozajmio“ šemu za kodiranje teksta i stil hedera.
- SIP radi uz pomoć SDP (*Session Description Protocol*) koji opisuje sesiju i RTP (*Real Time Transport Protocol*) koji se koristi za prenos glasa i videa preko IP mreže.
- SIP se može koristiti za dvostrane (*unicast*) ili višestranne (*multicast*) sesije.
- Ostale SIP aplikacije uključuju transfer podataka, direktne poruke, video konferencije, onlajn igre i striming distributivnog multimedijalnog sadržaja.

SIP nije vertikalno integrisan komunikacioni sistem. SIP je komponenta koja može da se koristi sa drugim IETF protokolima kako bi se izgradila potpuna multimedijalna arhitektura. Zbog toga se SIP koristi u saradnji sa ostalim protokolima kako bi se obezbedio kompletna usluga za korisnike. Ipak, osnovna funkcionalnost i operabilnost SIP-a nije zavista od ovih protokola.[14]

8. NAJČEŠĆI FORMATI ZA PRENOS GLASA

Kodeci se koriste za konvertovanje analognog glasnog signala u digitalno enkodiranu verziju. Kodeci variraju po kvalitetu zvuka, potrebnom protoku i zahtevu za obradu. Svaki servis, program ili telefon obično podržavaju više različitih kodeka, i kada „razgovaraju“ međusobno, pregovaraju i tome koji će kodek da koriste. Neki kodeci podležu autorskim pravima i zahtevaju naknadu za njihovo korišćenje u proizvodima ili programima.[15]

Kodek (koder/dekoder) vrši konverziju analognog signala u digitalnu formu i obrnuto. Sistemi za prenos glasa mogu da koriste bilo koji od širokog spektra različitih kodeka. Kodek koji se koristi se često odnosi na metod enkodiranja sadržaja RTP paketa. Dizajneri kodeka teže balansu između tri bitna faktora: brzina operacije enkodiranja/dekodiranja, kvalitet i tačnost zvučnog signala i veličinu rezultirajućeg enkodiranog sadržaja.[16]

Još jedan važan problem je neefikasno korišćenje protoka [17]. Kompresija je najvažnija tehnika koja se koristi da smanji opterećenje protoka [18]. Kodek konvertuje glas iz analognog u digitalni, onda kompresuje digitalni glas koristeći algoritme

za kompresiju, a nakon toga kompresovane podatke konvertuje u pakete. Veličina paketa zavisi od kodeka. Odnos kompresije između kodeka varira u zavisnosti od algoritama koje kodek koristi.[19]

U nastavku možemo videti listu najčešće korišćenih formata za prenos glasa [15]:

- AMR Codec
- BroadVoice Codec 16Kbps narrowband i 32Kbps wideband
- DoD CELP - 4.8 Kbps
- GIPS Family - 13.3 Kbps i više
- GSM - 13 Kbps (full rate), 20ms frame size
- iLBC - 15Kbps, 20ms frame size: 13.3 Kbps, 30ms frame size
- ITU G.711 - 64 Kbps, sample-based
- ITU G.722 - 48/56/64 Kbps ADPCM 7Khz audio bandwidth
- ITU G.722.1 - 24/32 Kbps 7Khz audio bandwidth
- ITU G.722.1C - 32 Kbps, a Polycom ekstenzija, 14Khz audio bandwidth
- ITU G.722.2 - 6.6Kbps to 23.85Kbps. Poznat i kao AMR-WB. CELP 7Khz audio bandwidth
- ITU G.723.1 - 5.3/6.3 Kbps, 30ms frame size
- ITU G.726 - 16/24/32/40 Kbps
- ITU G.728 - 16 Kbps
- ITU G.729 - 8 Kbps, 10ms frame size
- LPC10 - 2.5 Kbps
- Speex - 2.15 to 44.2 Kbps

AMR (Adaptive Multi-Rate) standard je algoritam za kodiranje govora koji radi na osam bita u opsegu od 4.75 do 12.2 kbps i dizajniran je posebno da poboljša robusnost linka. Ova tehnologija je prvobitno razvijena za GSM sisteme, koja je jedan od najkorišćenijih 2G mobilnih telekomunikacionih standarda u svetu. AMR uskopojasni kodek je standardizovan od strane Evropskog Telekomunikacionog Instituta za Standarde (ETSI) i usvojen je od strane 3GPP-a kao osnovni kodek za 2G i 3G bežične sisteme bazirane na evoluiranom jezgru mreže (WCDMA, EDGE, GPRS). Ujedno je od skoro uključen u CableLabs® **PacketCable™ 2.0 specifikacije**. [20] AMR širokopojasni kodek ima devet različitih stopa, u rasponu od 6.60 do 23.85 kbps. Kodek raspona od 6.60 to 19.85 kbps može biti ujedno podržan u GSM-u. AMR širokopojasni kodek koristi isti algoritam kao i AMR uskopojasni kodek.[21]

9. ZAKLJUČAK

Porast popularnosti pametnih telefona učinio ih je sastavnim delom života modernih ljudi, te su našli upotrebu u poslovanju (e-mail korespondencija), u slobodnom vremenu (socijalne mreže, kao npr. Facebook ili Instagram, igrice i sl.), kroz pomoćne aplikacije (navigacije, savetnici u putovanjima

– TripAdvisor i sl.).[22] Multimedijalne mreže imaju trenutno jedan od najzanimljivijih razvoja na Internetu. Kućna zabava trenutno prolazi kroz revoluciju. Ujedno doživljavamo revoluciju u polju multimedijalnog sadržaja, koji nastaje od strane ljudi koji stvaraju, dele i gledaju video sadržaje putem Interneta. Ljudi širom sveta provode sve manje vremena pred radijom i televizijom, umesto toga se okreću Internetu za audio i video prenos, bilo da su direktni ili snimljeni. Ovaj trend će se sigurno nastaviti s obzirom na razvoj sve bržeg bežičnog interneta. Sa sajtovima kao što je *Youtube* korisnici su postali producenti, kao i konzumenti, multimedijalnog Internet sadržaja. Kao dodatak video i audio sadržaju, Internet se ujedno koristi i za telefonske pozive. U narednih 10 godina, Internet, uz brzi bežični pristup, može tradicionalni telefonski sistem da izbaciti iz upotrebe. VOIP ne pruža samo besplatne telefonske razgovore, već nudi i mnoge druge vredne servise, kao što su video konferencijski pozivi, glasovne poruke i integriše se sa društvenim mrežama kao što su *Facebook* i *Google+* [1].

Dok trenutni audio koderi još uvek imaju mesta za unapređenje u smislu stope uzorka i kvaliteta, glavno usmerenje trenutnog i budućeg rada je usmereno ka ponudi novih funkcionalnosti kao što su skalabilnost i editabilnost, čime otvaraju put za nove aplikacije.

LITERATURA

- [1] Kurose, J. F., Ross, K. W. (2012). *Computer networking: a top-down approach* (6th ed.). Boston: Addison-Wesley. S. 587; 590; 588; 591; 592; 593; 612; 623; 655.
- [2] Liu, C., Chang, W. (1999). *Audio coding standards*. Preuzeto 08.02.2016. sa: <http://www.mp3-tech.org/programmer/docs/AudioCoding.pdf>
- [3] Abu-Alhaj, M., Kolhar, M., Halaiyqah, O., Abouabdalla, O., Sureswaran, R. (2009). *MuxComp – A New Architecture to Improve VoIP Bandwidth Utilization*. Preuzeto 08.02.2016. sa: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5189930&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F5189886%2F5189887%2F05189930.pdf%3Farnumber%3D5189930>
- [4] Characteristics of Sound. Preuzeto 10.02.2016. sa: <https://www.boundless.com/physics/textbooks/boundless-physics-textbook/sound-16/introduction-128/characteristics-of-sound-453-11276/>
- [5] Rao, K. R., Bojković, Z., Milovanović, D. (2006). *Introduction to multimedia communications*. Manhattan: John Wiley & Sons inc. Str. 32.
- [6] Multimedia Networking. Preuzeto 08.01.2016. sa: <http://mscanner22.tripod.com/MultiamediaNetworking/id2.html>
- [7] Introduction to Multimedia Networks. Preuzeto 22.02.2016. sa: http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1275799
- [8] Hillenbrand, M., Götze, J., Müller, P. (2005) *Voice over IP – Considerations for a Next Generation Architecture*. Preuzeto 08.02.2016. sa: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=1517765&newsearch=true&queryText=voice%20over%20ip>
- [9] Slavata, O., Holub, J., Hübner, P. (2012). *Impact of Jitter and Jitter Buffer on the Final Quality of the Transferred Voice*. Preuzeto 08.02.2016. sa: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6377648&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6377648
- [10] Gerard, J. W., Rachel, W. (2002). *Voice-over-IP: The Future of Communications*.
- [11] RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. Preuzeto 29.01.2016. sa: <https://tools.ietf.org/html/rfc3550#section-5>
- [12] Židek, K., Šeminsky, J. (2010). *Cross Platform Real-time Voice Transfer*. Preuzeto 08.02.2016. sa: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5423731&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5423731
- [13] Tutorials Point. Preuzeto 14.02.2016. sa: http://www.tutorialspoint.com/session_initiation_protocol/session_initiation_protocol_tutorial.pdf
- [14] Rosenberg, J. et al. (2002). *SIP: Session Initiation Protocol*. Preuzeto 14.02.2016. sa: <http://www.cs.columbia.edu/sip/drafts/rfc3261.pdf>
- [15] Voip-info.org. Preuzeto 22.02.2016. sa: <http://www.voip-info.org/wiki/view/Codecs>
- [16] Savvius. Preuzeto 22.02.2016. sa: <http://www.wildpackets.com/resources/compendium/voip#wp1014776>
- [17] Sze, H.P. et al. (2002). *A multiplexing scheme for H.323 voice-over-IP applications*. Preuzeto 22.02.2016. sa: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=1031907>
- [18] Wei, C., Ahmad, M. O., Swamy, M. N. S. (2005). Modified silence suppression algorithms and their performance tests. Preuzeto 22.02.2016. sa: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1594131&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D1594131
- [19] Vivaldi Project. (2006). *Advancing interactive Broadband satellite access by optimal convergence of session based services over DVB-RCS*. Preuzeto 22.02.2016. sa: http://cordis.europa.eu/project/rcn/80715_en.html
- [20] Voice age. Preuzeto 24.02.2016. sa: <http://www.voiceage.com/AMR-NB.AMR.html>
- [21] Telecom ABC. Preuzeto 24.02.2016. sa: <http://www.telecomabc.com/a/amr.html>
- [22] Vuković, D., Keleč, A. (2016). Problem privatnosti na android mobilnim uređajima. *Info M*, 57. Str. 28-35.



MA Predrag Veličković, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu – student doktorskih studija

Kontakt: velickovic.predrag@gmail.com

Oblasti interesovanja: Multimediji, Multimedijalne komunikacije, Multimedijalna produkcija, Računarske mreže



Dr Miroslav Minović, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu

Kontakt: miroslav.minovic@mmklab.org

Oblasti interesovanja: HCI, Multimediji, Računarske mreže, Mobilno računarstvo, Biometrija



MA Sanja Krsmanović Veličković, Fakultet za sport, Asistent

Kontakt: sanja.krsmanovic@fzs.edu.rs

Oblasti interesovanja: Dizajn, Informacione tehnologije