



Diplomski studij
Računarstvo

Znanost o mrežama

Višemedijske komunikacije

Upute za izradu 1. laboratorijske vježbe

Kodiranje zvuka

Ak. g. 2022./2023.

Sadržaj

1. Vremenska i frekvencijska analiza govora	4
2. Simulacija koda LPC	7
3. Upoznavanje s radnim okvirom FFmpeg	11
Literatura	13
Dodatak: Pokretanje simulacije LPC koda uz CheerpJ Applet Runner.....	14

PRIPREMA ZA IZRADU VJEŽBE:

Za izradu vježbe treba preuzeti i instalirati programske alate namijenjene snimanju i analizi zvučnog signala koji se nalaze u repozitoriju datoteka (LPC koder), odnosno, dostupni su na webu (Audacity, ffmpeg).

Upute za primjenu programskih alata i popratni zadaci opisani su u ostatku dokumenta.

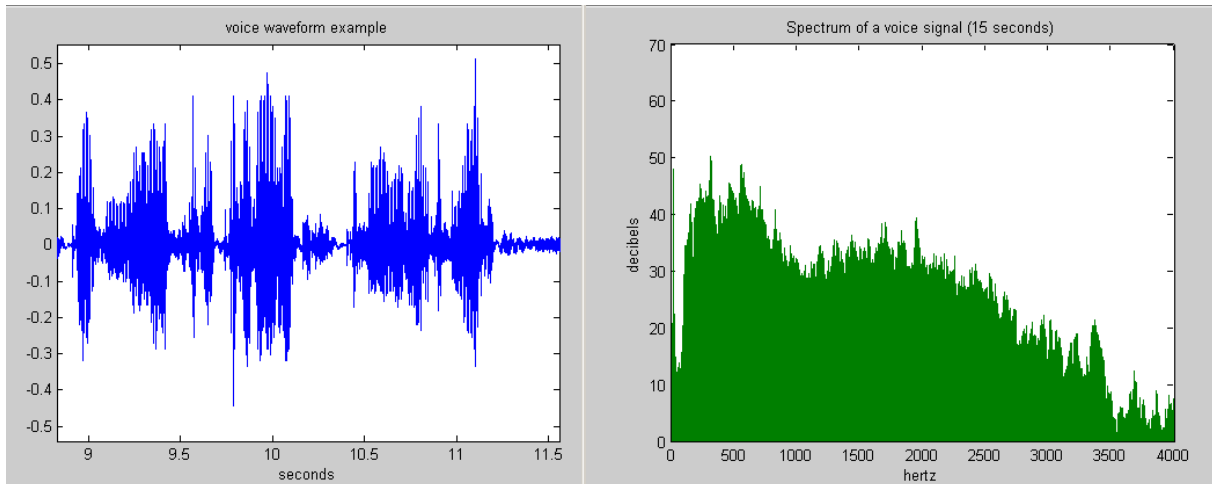
Literatura uključuje materijale s predavanja te poglavlja 6. i 7. iz udžbenika *Uvod u teoriju informacije i kodiranje* [1].

IZVJEŠTAJ:

Studenti su dužni napisati uredan izvještaj o obavljenoj vježbi. Izvještaj mora sadržavati opise izrade zadataka, uz odgovore na sva pitanja, **na ne više od 10 stranica**. Izvještaj treba pretvoriti u PDF **dokument** i predati putem sustava Moodle u zadanom roku. Uz izvještaj treba predati i audio zapis **napravljen, odnosno**, korišten za potrebe **1. i 3. zadatka**. Datoteke se mogu predati zapakirane kao arhiva (.zip ili .rar).

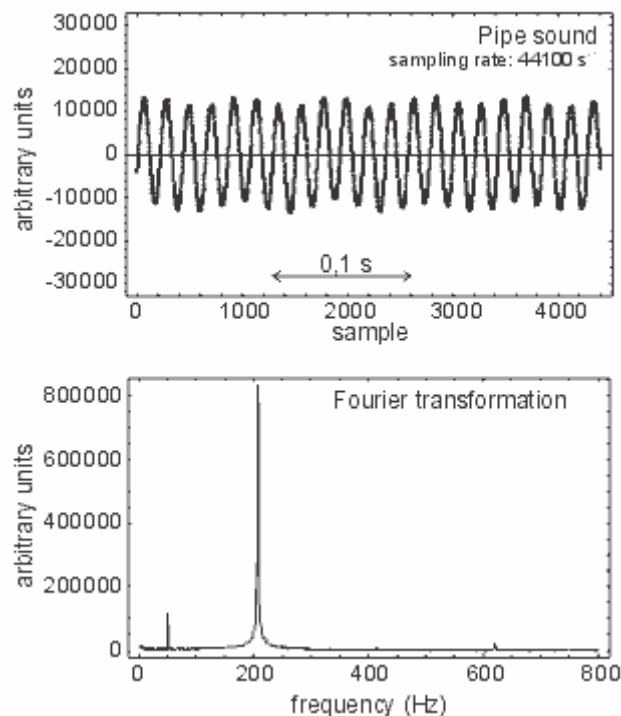
1. Vremenska i frekvencijska analiza govora

Svojstva zvuka, odnosno zvučnog signala, mogu se promatrati u vremenskoj ili frekvencijskoj domeni. U vremenskoj domeni valni oblik zvuka (slika 1a) karakteriziran je frekvencijom (valnom duljinom), fazom i amplitudom. Zvukovi s jednom stalnom i čistom frekvencijom u prirodi su vrlo rijetki. Stoga se u analizi zvuka promatra frekvencijski spektar zvučnog signala (slika 1b).



Slika 1. Primjer valnog oblika zvučnog signala u vremenskoj domeni (a) i pripadajući frekvencijski spektar (b)

Za neperiodične zvukove, kao što su buka, šum i bezvučni glasovi u govoru, karakterističan je kontinuirani frekvencijski spektar (jedan takav primjer je dan i na slici 1b). To znači da ne postoje jasno istaknute frekvencije u njihovom spektru. Kod harmoničkih zvukova, kao što su oni proizvedeni glazbenim instrumentima (slika 2a) u spektru je uočljiva jasno istaknuta osnovna frekvencija te višekratnici osnovne frekvencije ili *harmonici* (slika 2b).



Slika 2. Primjer harmoničkog zvučnog signala (a) i njegovih harmonika (b)

Govor nastaje prolaskom zraka kroz govorne organe koji formiraju zvuk. Frekvencijski spektar govornog signala je specifičan jer govorni trakt proizvodi određene frekvencije koje karakteriziraju pojedine glasove. Te frekvencije se nazivaju *formanti*. Kod zvučnih glasova, kao što su "m" ili "n", glasnice titraju i stvaraju određene frekvencije zvuka. Kod bezvučnih glasova, kao što su "s" ili "h", ne dolazi do titranja glasnice, već do šuma koji stvara struja zraka prolazeći kroz govorni trakt. Titranje glasnice kod zvučnih glasova za posljedicu ima periodičnost zvučnog signala, što se u frekvencijskoj domeni može uočiti kroz njegove karakteristične frekvencije ili *formante*, dok se kod bezvučnih glasova ne može uočiti neka pravilnost.

Razlikovanje zvučnih i bezvučnih glasova je osnova digitalne obrade govora i prepoznavanja zvuka, ali i sinteze govora. Proces razlikovanja zvučni/bezvučni signal radi se po vrlo jednostavnim principima analize zvuka u kratkim vremenskim intervalima, odnosno u okviru uzoraka govornog signala. Npr. za linearni prediktivni koder govora je okvir obično duljine 22,5 ms, a za postupak određivanja je li signal unutar okvira zvučni ili bezvučni može se koristiti funkcija razlike srednje magnitude (engl. *Average magnitude difference function*, skr. AMDF) ([1], str. 328). Formanti karakteriziraju pojedini zvučni glas, pa se njihovim određivanjem unutar vremenskog okvira može prepoznati govor. Naravno, u praksi se susrećemo sa šumovima, drugačijom bojom glasova, tonalitetom, što predstavlja izazov za postupak prepoznavanja govora. Kako smo već rekli, formanti su u frekvencijskoj domeni vidljivi kao vrhovi, odnosno istaknute frekvencije. Vrh koji se nalazi na najnižoj frekvenciji zove se prvi formant (F1), na sljedećoj frekvenciji je drugi formant (F2), pa redom treći (F3) itd. Istraživanja pokazuju da postoje znatne razlike formanta između žena i muškaraca, što je za englesko-američki govor za neke od fonema (odnosno zvučnih glasova) prikazano u Tablici 1.

Tablica 1 Prosječni formanti [Hz] za neke od fonema engleskog govora [2].
Prosjek je uzet kao aritmetička sredina formanta ispitanih uzorka (n=45 za M, n = 48 za Ž))

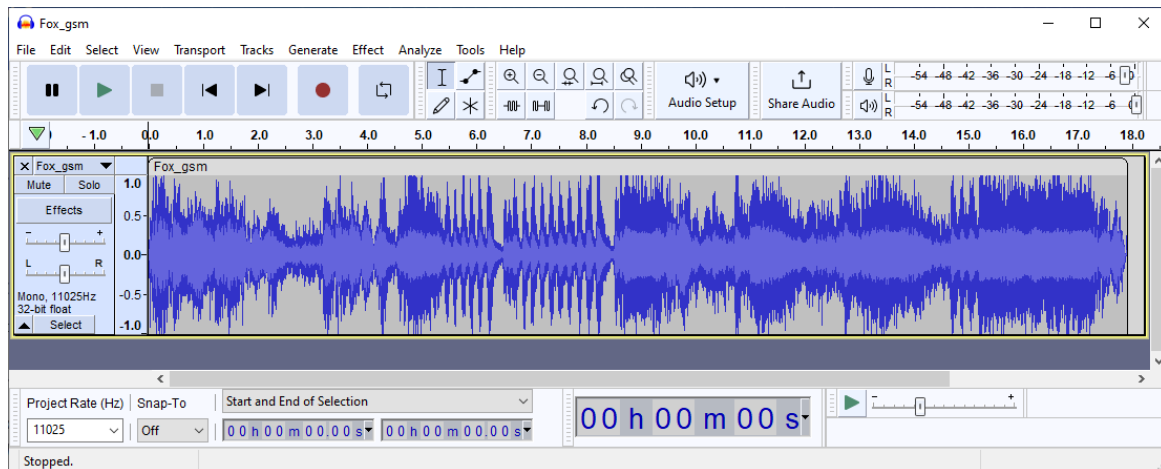
Formanti	Glas (muški/ženski)	i	e	æ (a)	o	u
F1	M	138	129	123	129	143
	Ž	227	214	215	217	235
F2	M	342	437	588	497	378
	Ž	437	536	669	555	459

1.1 Opis zadatka

Vaš zadatak u prvom dijelu vježbe je analiza osnovnih karakteristika govora. Cilj je uočiti razlike između zvučnih i bezvučnih glasova te formante pojedinih glasova.

- Instalirajte i pokrenite aplikaciju otvorenog koda za snimanje i uređivanje zvuka Audacity (<https://www.audacityteam.org/>). Aktualna verzija je 3.2.5. (Slika 3 pokazuje sučelje aplikacije.)
- **Snimite govorni signal** tako da izgovorite rečenicu: „Moje ime je...” (rečenicu dopuniti vlastitim imenom i prezimenom). Snimljeni signal će se u sučelju aplikacije prikazati u vremenskoj domeni.
- Radi jednostavnije i 'čistije' obrade govora, provedite opciju filtriranja šuma (Effect->Noise Reduction).

- Na vremenskom prikazu signala pronađite po jedan zvučni i bezzvučni glas po izboru te uočite razlike između odabranih signala. Po potrebi uvećajte prikaz dijela signala opcijom View -> Zoom In.



Slika 3. Sučelje aplikacije Audacity

1. Kopirajte valne oblike odabranih glasova u svoj izvještaj o vježbi i opišite uočene razlike između **zvučnih i bezzvučnih** glasova. Što je karakteristično za zvučne, a što za bezzvučne glasove u vremenskoj domeni?
- Odabrane signale glasova prikazite u frekvencijskoj domeni (opcija Analize -> Plot Spectrum) ([detalji](#)). Navedena opcija mijenja prikaz iz snimljenih amplituda zvučnog signala u vremenu u prikaz frekvencija. Default postavka **Algorithm: Spectrum** prikazuje zastupljenost pojedinih frekvencija u signalu na temelju provedene brze Fourierove transformacije na odsječcima zvučnog signala veličine *Size* bitova. Na grafu na osi x prikazane frekvencije (u Hz), a na osi y amplitude promatranog signala (u dB). Amplitude su normalizirane tako da čisti ton 0 dB približno odgovara 0 dB na grafu.
2. Kopirajte frekvencijske spektre dobivene ovom analizom u izvještaj te na njima označite specifičnosti vezane za zvučne/bezzvučne glasove. Objasnite prikazane razlike u spektru. Imaju li bezzvučni glasovi specifičnosti u frekvencijskoj domeni?
 3. Identificirajte (približno) formante dva od glasova: "a", "e", "i", "o", "u", koji se pojavljuju u vašem govornom signalu. Na kojim se frekvencijama pojavljuju formanti? Kopirajte iz aplikacije uočene formante u izvještaj i naznačite o kojem je glasu riječ. Komentirajte odnos specifičnih formanata F1 i F2 s formantima iz Tablice 1.
 4. Snimljeni govorni signal spremite u audio (.wav) datoteku opcijom File -> Export as WAV. Ta datoteka (npr. *mojeime.wav*) koristit će se i pri izradi 3. zadatka i predaje se uz izvještaj o vježbi.
- Odaberite cijeli govorni signal te ga prikazite u frekvencijskoj domeni.
5. Kopirajte sliku frekvencijskog spektra u izvještaj. Komentirajte, kakav je izgled signala te postoji li raspon frekvencija na kojem su amplitude signala vidljivo najveće? Komentirajte kako je to povezano s rasponom kodiranja ljudskog govora u analognoj telefoniji (kodira se raspon od 300 Hz do 3.4 kHz).
 6. Provedite niskopojasno filtriranje signala (Effect -> EQ and Filters -> Low Pass Filter) s gornjom graničnom frekvencijom od 3.4 kHz. Mijenja li se kvaliteta govora i kako?

2. Simulacija kodera LPC

Linearni prediktivni koder (engl. *Linear Predictive Coding*, skr. LPC) spada u skupinu kodera zasnovanih na modelu. Način rada takvih kodera zasniva se na principu analize i sinteze zvuka. LPC-koder i -dekoder signala sadrže model koji se temelji na ljudskom govornom traktu. Prilikom kodiranja (na izvorišnoj strani), govor se analizira kako bi se dobili parametara modela. Dekoder koristi te parametre za sintetiziranje govora (na odredišnoj strani). U usporedbi s koderima valnog oblika, za parametre modela treba prenijeti bitno manje podataka nego za kodirane uzorke govornog signala.

S obzirom na to da je princip rada ljudskog govornog sustava detaljno proučen, moguće je simulirati ga na računalu. Pri tome je svaki govorni organ simuliran odgovarajućim, relativno jednostavnim modelom kojim se upravlja skupom parametara. Ti parametri su izravno povezani sa stvarnim karakteristikama govora. Ljudsko upravljanje glasnicama se simulira pomoću dva parametra. Prvi parametar je odluka o zvučnom ili bezvučnom glasu koja odgovara napinjanju (titranju) ili nenapinjanju glasnica. Drugi parametar je, po potrebi, osnovna frekvencija zvučnog glasa koja odgovara frekvenciji titranja glasnica. Parametar koji je svojstven plućima, odnosno energiji zvučnog glasa, je jačina zvučnog glasa. Govorni trakt se simulira linearnim filtrom promjenjivih koeficijenata koji simuliraju konfiguracije organa i njihove utjecaje na govorni signal. LPC kodiranje temelji na pretpostavci da je ljudski govor moguće simulirati sa zvučnim glasovima, odnosno napinjanjem glasnica, te da se pored frekvencije titranja glasnica pojavljuju šumovi, odnosno bezvučni glasovi, što u osnovi i nije daleko od stvarnosti. LPC koder radi analizu uzoraka govora izvornog zvučnog signala, uzimajući uzastopne vremenske okvire (obično duljine 22,5 ms), iz kojih određuje parametre modela na način koji je detaljno obrađen u predavanju [1]. Određivanje parametara modela LPC kodera predstavlja osnovni problem kodiranja.

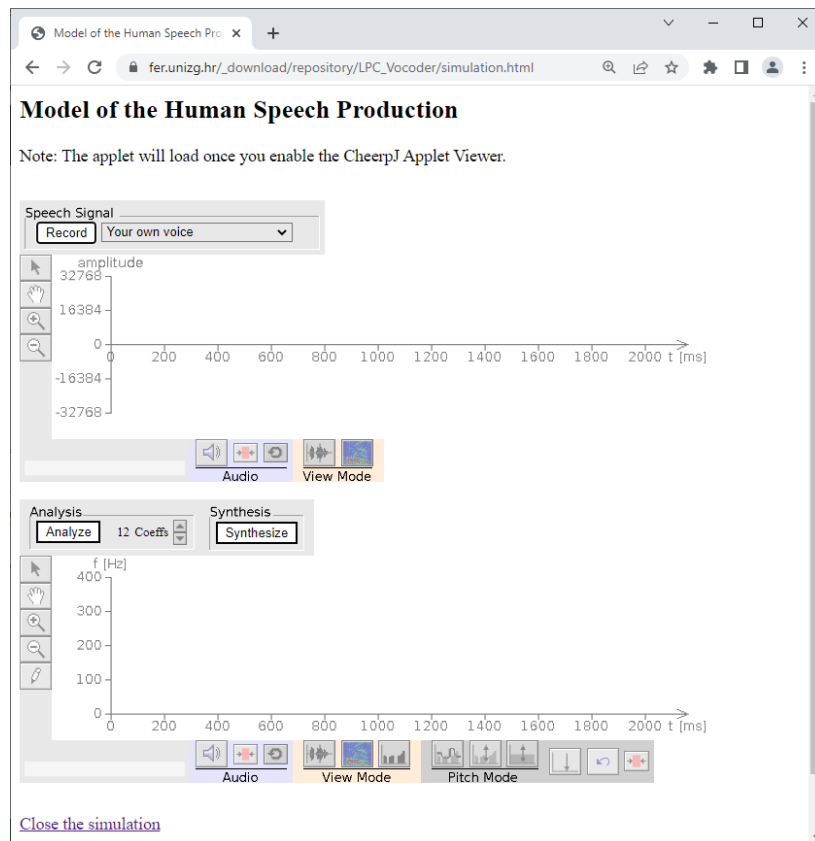
Dekoder LPC koristi procijenjene parametre modela kako bi sintetizirao zvuk. On koristi generator šuma za bezvučne glasove, odnosno generator periodičkog impulsnog signala za zvučne glasove. Jedna od tih pobuda se, ovisno o tome da li se simulira bezvučni ili zvučni glas, dovodi na filter govornog trakta čime se sintetizira govorni signal.

2.1 Opis zadatka



U ovom dijelu vježbe upoznat ćete se s primjenom kodera LPC u sintezi ljudskog glasa. Također, vidjet ćete kako promjena broja koeficijenata filtra utječe na kvalitetu sintetiziranog zvučnog signala.

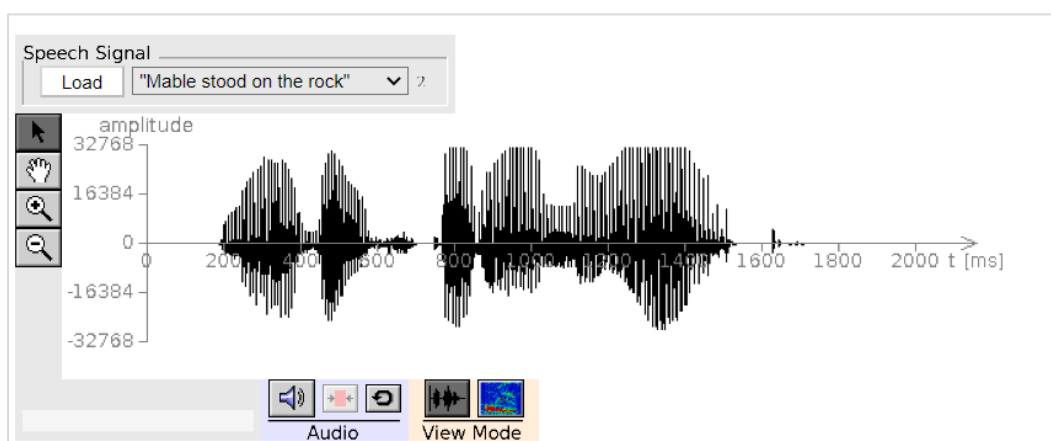
Kao programska podrška koristi se online sadržaj izvorno objavljen na Brandenburškom tehničkom sveučilištu u Cottbusu, autora profesora Klausa Fellbauma s tog sveučilišta i Jörga Richtera s Tehničkog sveučilišta u Berlinu. Izvorna aplikacija LPC Vocoder (skr. od vo[ice]-coder) zasniva se na HTML stranicama i Java appletima, koji više nisu podržani u web-preglednicima. Jedna od preostalih mogućnosti za korištenje starih edukativnih appleta je s pomoću dodatka CheerPJ Applet Runner (<https://leaningtech.com/cheerpj-applet-runner/>) za preglednike Google Chrome ili Microsoft Edge.

- Ako nemate otprije instaliran dodatak CheerPJ Applet Runner u web-pregledniku Google Chrome ili Microsoft Edge, instalirajte ga.
- Pokrenite stranicu:
https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/LPC_Vocoder/lab1pocetna.html
i slijedite upute.
Nakon učitavanja poveznice na stranicu za pokretanje simulacije, dodatku CheerPJ Applet Runner treba dati dozvolu za učitavanje appleta (applet se **ne** pokreće automatski). Izgled appleta, nakon uspješnog učitavanja stranice, prikazan je na slici 4.



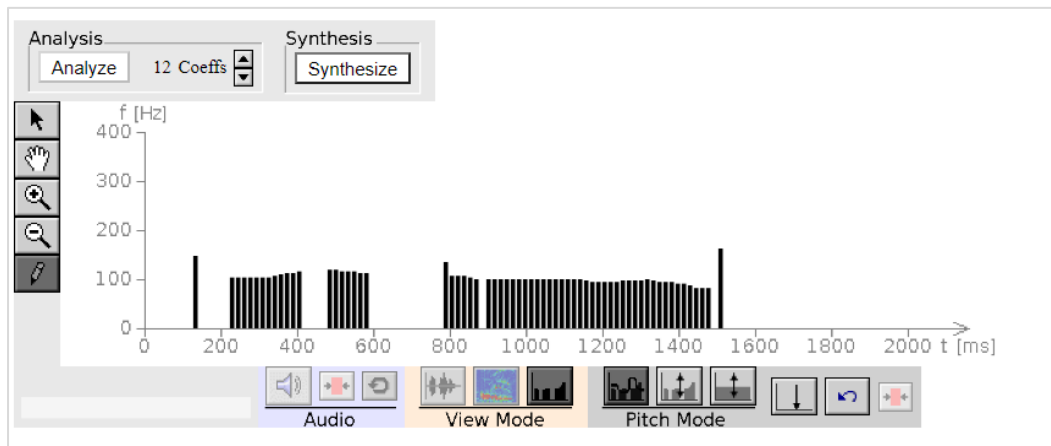
Slika 4 Simulator kodera LPC

- U **gornjem** dijelu prozora (traka **Speech Signal**), nalazi se padajući izbornik uz prikazanu opciju [Your own voice] (pored gumba [Record]). Vježba koristi ranije snimljene datoteke, pohranjene na disku, koje se učitavaju odabirom kratkog opisa u padajućem izborniku. **(Nemojte pokretati opciju snimanja [Record] [Your own voice], jer ta opcija ne radi s CheerpJ Applet Runnerom, odn. program se blokira).**
- U padajućem izborniku odaberite jednu od snimljenih rečenica (npr. „Mable ... ”, „The miners...”, „Swim to...”, „They took”) koju ćete analizirati.
- Datoteka se učitava pomoću gumba [Load], nakon čega se u grafu prikazuje pripadajući valni oblik u vremenu. Prikaz u frekvencijskoj domeni može se vidjeti uz promjenu pogleda (View Mode ). Datoteka se može preslušati pritiskom tipke na kojoj je nacrtan zvučnik .




Slika 5 Traka „Speech Signal” i prikaz valnog oblika učitane signala

- U **donjem** dijelu prozora (**traka Analysis -- Synthesis**) provodi se analiza i sinteza zasnovana na modelu. Analizom govora dobivaju se koeficijenti modela, koji se u dekoderu koriste za sintezu.



Slika 6 Traka „Analysis -- Synthesis“ i prikaz analiziranog signala u frekvencijskoj domeni

- Analizirajte učitani govorni signal. Analiza se provodi odabirom gumba [Analyze], dok se zadani broj koeficijenata (Coeffs) mijenja pritiskom na strelice (gore-dolje). Po provedbi analize, na grafu se prikazuje frekvencijski spektar analiziranog signala.
- Sintetizirajte odabrani govorni signal pritiskom na tipku [Synthesize] sa zadanim brojem od 12 koeficijenata LPC koderu, a potom ponovite postupak analize i sinteze nekoliko drugih broja koeficijenata (barem jedan manji i jedan veći broj, uz koji razlika u kvaliteti postaje uočljiva). Svaki put poslušajte izvorni i sintetizirani signal (pritiskom tipke na kojoj je nacrtan zvučnik  u gornjem i donjem dijelu prozora).
- Odgovorite na pitanja:
 1. Što zaključujete, kako broj koeficijenata utječe na frekvencijski spektar analiziranog signala, odnosno na raspon frekvencija i amplitude?
 2. Što zaključujete, kako broj LPC koeficijenata utječe na kvalitetu sintetiziranog govora? Komentirajte. Što znače koeficijenti linearnog filtra LPC koderu u praktičnom smislu za proces nastajanja ljudskog govora?
 3. Provedite izračun brzine (engl. *bitrate*) koderu LPC za slučaj u kojem je linearni filter određen s 10 koeficijenata te kodiranje provodi na okvirima duljine 22,5 ms. Što mislite, zašto je frekvencija uzorkovanja u LPC-u, a i u nekim drugim koderima namijenjenim prvenstveno za ljudski govor 8 kHz (a nije npr. 2 kHz)?
- Provedite postupak analize i sinteze s 12 koeficijenata za zvuk iz skupa koji ne predstavljaju ljudski govor (Gong/gong, Train/vlak, Bark/lajanje, Bell/zvono, Bird/ptičji pijev) po vlastitom izboru. Preslušajte izvorni i sintetizirani signal.
 4. Komentirajte kvalitetu i vjernost zvuka kod sintetiziranog signala. Je li ona približno ista, bolja, ili lošija od one iz prethodnog zadatka (za sintezu signala izgovorene rečenice, s 12 koeficijenata)? Kako to objašnjavate?
- Provedite postupak analize i sinteze za datoteku „Beethoven“ u padajućem izborniku, s 12, 20 i 30 koeficijenata.

5. Dobivamo li povećavanjem broja LPC koeficijenata do 20, odnosno 30, zadovoljavajuću kvalitetu sintetiziranog zvuka te datoteke?
6. Koji je razlog razlike u kvaliteti kod kodiranja govornog i glazbenog signala s koderom LPC?

3. Upoznavanje s radnim okvirom FFmpeg

FFmpeg (<https://www.ffmpeg.org/>) je projekt otvorenog koda koji sadrži brojne programske knjižnice i alate za rukovanje videom, zvukom i ostalim višemedijskim datotekama i tokovima. FFmpeg je u osnovi dizajniran za obradu video i zvučnih datoteka iz komandne linije, a koristi se za snimanje, pretvorbu, odnosno, transkodiranje formata, osnovno uređivanje (obrezivanje i spajanje snimki) te skaliranje video zapisa i post-produkcijske video efekte, uz poštivanje relevantnih standarda (SMPTE, ITU).

Prema web-stranici projekta, FFmpeg se primjenjuje u stotinama drugih softverskih projekata, a njegove su knjižnice osnovni dio softvera za reprodukciju medija kao što je VLC i uključene su u osnovnu obradu za YouTube i iTunes datoteke. Uključeni su kodeci za kodiranje i/ili dekodiranje brojnih formata zvučnih i video datoteka, što je pogodno za transkodiranje raznih medijskih datoteka.

Medijska datoteka se na visokoj razini može podijeliti u *spremnik* (engl. container) i *tokove* (engl. streams).

Spremnik je omotač za tokove podataka. Nudi jedinstveno sučelje kojeg koriste medijski uređaji i alati. Neki spremnici su vrlo napredni pa omogućuju bilo kakav tok, uključujući više video i zvučnih podatkovnih tokova unutar jednog spremnika. Različiti spremnici dopuštaju različite dodatne podatke, npr. titlove, informacije o poglavljima, ili neke druge metapodatke.

Tokovi uključuju stvarne komponente videa i zvuka, a kodirane s pomoću određenog kodeka (engl. *codec*). Svaki kodek ima svoja svojstva, prednosti i nedostatke. Na primjer, kodek *Free Lossless Audio Codec* (skr. FLAC) pogodan je za visokokvalitetni zvuk bez gubitaka, dok je Ogg Vorbis audio kodek s gubicima, dizajniran tako da je usporediv s formatom MPEG-1/2 audio layer 3 (skr. MP3) po veličini datoteke, a istovremeno nudi bolju kvalitetu zvuka. To znači da će datoteka u formatu FLAC biti mnogo veća od istog zvučnog zapisa u formatu Vorbis, ali bi trebala i bolje zvučati.

Različiti kodeci mogu se uspoređivati na temelju brzine (engl. *bitrate*), kvalitete, kašnjenja, otpornosti na gubitke, primjena, složenosti, itd. U ovoj vježbi zadatak će biti koristiti subjektivnu kvalitetu kao kriterij usporedbe. Za subjektivno mjerilo kvalitete koriste se opće ocjene kvalitete koju su mišljenje korisnika, a to su *Mean Opinion Score* (MOS) i *Degradation MOS* (DMOS). Uz pomoć MOS-a kvaliteta se izravno ocjenjuje za neku datoteku, dok se DMOS ocjene koriste za usporedno ocjenjivanje datoteke koja je prebačena u neki drugi format i originalne datoteke. DMOS-om se procjenjuje koliku degradaciju je unijelo kodiranje u odnosu na izvornu datoteku. Ocjene i njihova interpretacija su prikazane u tablici 2.

Tablica 2 Skala ocjena za kvalitetu i pogoršanje kvalitete

Ocjena	MOS	DMOS	Procjena napora razumijevanja
5	izvrsno	nečujno pogoršanje	bez napora
4	dobro	čujno pogoršanje, ali ne smeta	bez posebnog napora
3	prihvatljivo	primjetno pogoršanje, malo smeta	osrednji napor
2	slabo	podnošljivo, ali smeta	priličan napor
1	loše	izraženo pogoršanje, jako smeta	neprepoznatljivo bez izrazitog napora

3.1 Opis zadatka

- Instalirajte FFmpeg na svoje računalo (<https://www.ffmpeg.org/download.html>)
- Potražite i proučite na Internetu i dokumentaciji FFmpeg-a mogućnosti za promjenu formata datoteke, frekvencije uzorkovanja i izlazne brzine (engl. *bitrate*).
- Primjenom FFmpega, prekodirajte govornu datoteku iz 1. zadatka iz izvornog .wav formata u tri formata: 1) Vorbis (Ogg), 2) G.726, i 3) MP3. Za kodek MP3 odaberite kvalitetu 24 kbps, a za kodek G.726 odaberite frekvenciju uzorkovanja (engl. *sampling rate*) od 8 kHz. Referentna datoteka za DMOS jest originalna datoteka izvezena iz Audacity-a, dok su ostale dobivene kodiranjem originala.
 1. Preslušajte datoteke koristeći komandno-linijski alat ffplay te popunite tablicu 3. za sve četiri formata datoteke (uključujući i original u WAV formatu).
 2. Usporedite veličine datoteka i subjektivno ocijenite njihovu kvalitetu prema ocjenama iz tablice. Što zaključujete?
 3. Ukratko opišite zadane formate i navedite za što se najčešće koriste.

Naziv datoteke	MOS	DMOS	Veličina [kb]	Bitrate [kbps]*
mojeime.wav				
mojeimeG726.wav				
mojeime.mp3				
mojeime.ogg				

Tablica 3 Usporedba formata za kodiranje zvuka

* U slučaju kodiranja zvuka, pojam *bitrate* služi kao mjera koja označava s koliko bita se kodiraju uzorci zvuka po sekundi. Obično se povezuje s kvalitetom zvuka, odn. veći bitrate obično donosi i višu kvalitetu. Bitrate možete očitati nakon reprodukcije datoteke alatom ffplay ili uporabom alata ffprobe.

Literatura

[1] Pandžić, Igor; Bažant, Alen; Ilić, Željko; Vrdoljak, Zdenko; Kos, Mladen; Sinković, Vjekoslav (2007). *Uvod u teoriju informacije i kodiranje*. Element, Zagreb.

[2] Hillenbrand, J., Getty, L. A., Clark, M. J., & Wheeler, K. (1995). Acoustic characteristics of American English vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 3099-3111.

[3] Fellbaum, Klaus; Richter, Jörg. (2001). Human Speech Production - An Internet-Based Interactive Multimodal Tutorial.

Dostupno: https://www.researchgate.net/publication/2559540_Human_Speech_Production_-_An_Internet-Based_Interactive_Multimodal_Tutorial, pristupljeno: 25. 3. 2022.

Dodatak: Pokretanje simulacije LPC kodera uz CheerPJ Applet Runner

1. Preuzmite dodatak CheerPJ Applet Runner za svoj Google Chrome ili Microsoft Edge web-preglednik sa sljedeće poveznice:

<https://leaningtech.com/cheerpj-applet-runner/>

Na žalost, za sada (ožujak 2022.) nisu podržani drugi preglednici. U budućim izdanjima vježbi će se nastojati pripremiti rješenje isključivo na poslužiteljskoj strani (CheerpJ ili neka druga tehnologija). Na klijentskoj strani, applet je moguće pokrenuti i sa starijim verzijama Java Development Kita (JDK 8).

2. U nastavku je opisan postupak s dodatkom CheerPJ Applet Runner, a slike prikazuju izgled u pregledniku Google Chrome (isprobano radi i za Microsoft Edge).

Učitajte početnu stranicu lab. vježbe:

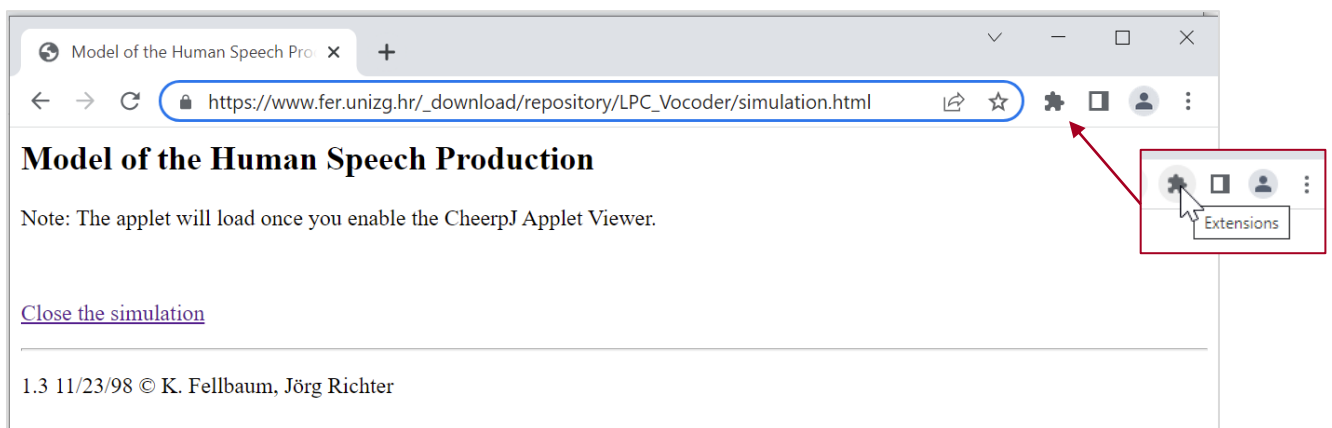
https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/LPC_Vocoder/lab1pocetna.html

3. Upoznajte se s vježbom te nakon toga odaberite poveznicu za učitavanje simulacije („Simulacija se pokreće ovdje.“).

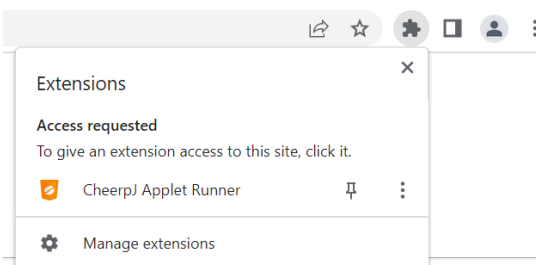
4. Izravna poveznica na simulaciju je:

https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/LPC_Vocoder/simulation.html

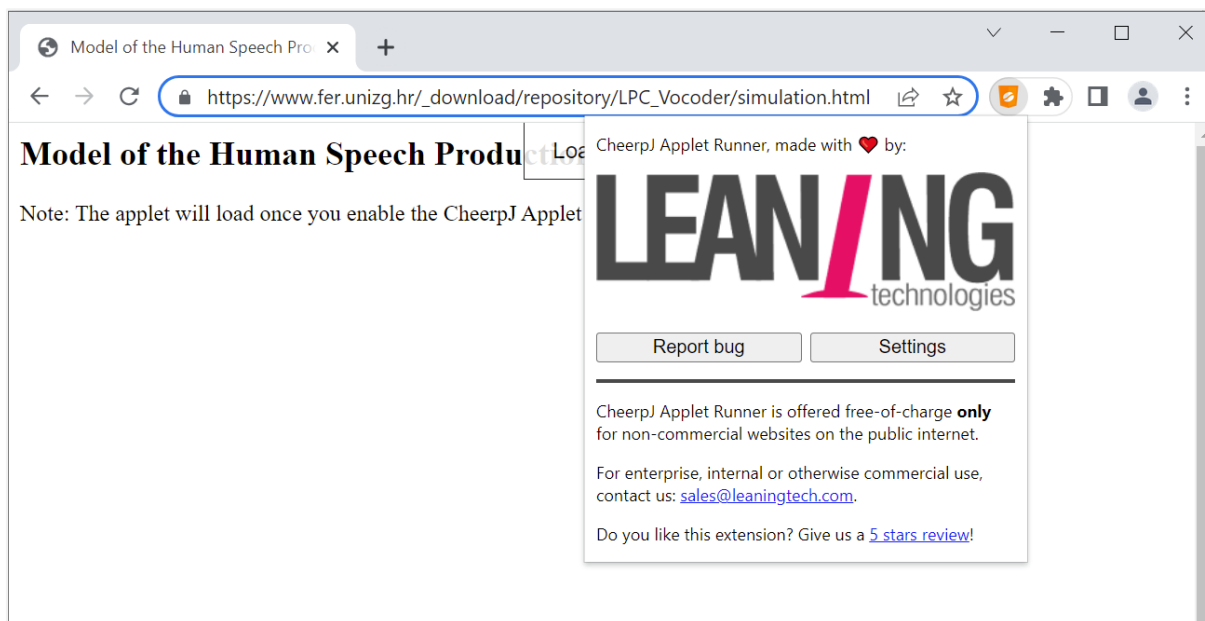
5. Nakon učitavanja poveznice na stranicu za pokretanje simulacije, dodatku CheerPJ Applet Runner treba dati dozvolu za učitavanje appleta (applet se **ne** pokreće automatski).



6. Klikom na Extensions, otvara se sljedeći prozor, u kojem treba kliknuti na CheerPJ Applet Runner:



7. Slijedi učitavanje appleta (nije trenutačno - traje nekih 5-10 sekundi, što se može čini dugo) uz ispis niza poruka: Loading, itd. Također, pojavljuje se skočni okvir razvijatelja softvera „Leaning Technologies“.



8. Nakon uspješnog učitavanja appleta, za uklanjanje okvira „Leaning Technologies“ iz prikaza u pregledniku, treba kliknuti na web-stranicu (pored okvira). Uspješno učitana stranica je na slici.

