
Andrijana Miković i Ivan Čejić

Detekcija govornog signala očitavanjem vibracija staklene površine

U ovom radu je ispitana mogućnost detekcije govora uz pomoć refleksije laserskog zraka o staklenu površinu i okarakterisana je efikasnost ovog sistema u laboratorijskim uslovima. Sistem funkcioniše na principu oscilacija odbojne površine koja izaziva promenljiv reflektovani signal, koji se detektuje prijemnikom, kasnije obrađuje i očitava na računaru. Efikasnost sistema je određivana za tri različita prijemnika: fototranzistor, fotooptornik i solarni panel, računajući odnos snage signala i šuma. Prijemnik koji je pokazao najbolje rezultate je fototranzistor pri oba isprobana izvora zvuka: zvučnik i ljudski glas. U slučaju ljudskog glasa SNR za fototranzistor je iznosila 4.54 dB, a kod zvučnika 0.05 dB, dok su ostala dva prijemnika imali negativne vrednosti SNR, sa izuzetkom fotooptornika sa glasom kao zvučnim izvorom (1.68 dB). Nakon primene softverskog filtra, konstruisanog spektralnom analizom sistema, na primljeni signal u slučaju zvučnika kao izvora, vrednosti SNR-a su se povećale.

Uvod

Ispitana je mogućnost rekonstrukcije audio signala korišćenjem vibracija staklene površine i laserskog zraka. Ovakav sistem bi omogućio audio nadzor prostorija na velikim udaljenostima. Akustični talasi kada dođu do interakcije sa prozorom uzrokuju blagu promenu ugla površine, menjajući ugao pod kojim se reflektuje svetlosni zrak. Amplituda svetlosti koja se meri

na senzoru će se promeniti ako se menja ugao refleksije. Modifikovani reflektovani laserski zrak se detektuje foto-senzorom, koji ima zadatak da uoči promene u količini svetlosti koja pada na njega usled promene ugla površine (stakla) od koje se laser reflektuje i da generiše električni signal srazmeran toj promeni. Pomoću signala sa senzora moguće je rekonstruisati originalni zvuk (Amendolare i Sarraf 2005).

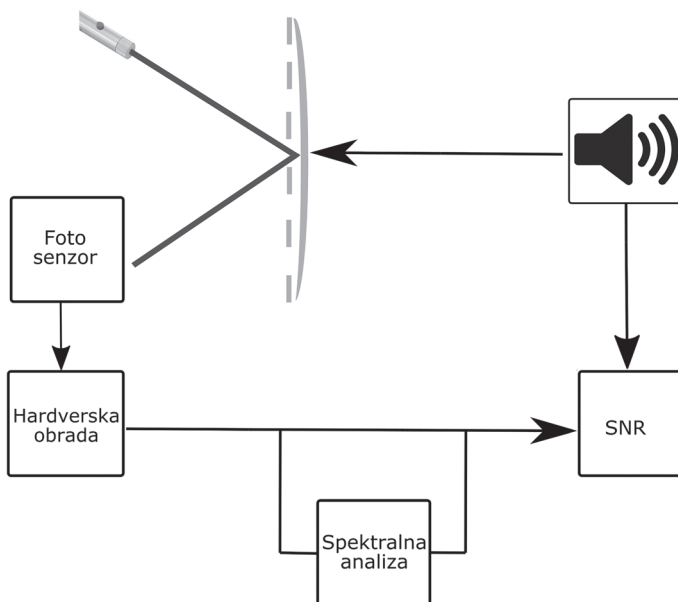
Prijemnik prikuplja deo laserskog zraka odbijenog od staklene površine. Za detekciju signala poželjno je imati osetljiviji uređaj sa većim propusnim opsegom. U ovom radu su ispitane karakteristike tri različita fotoprijemnika: fototranzistor, fotooptornik, solarni panel sa ciljem da se ispita koji je od ova tri prijemnika je najbolji za detektovanje promene količine reflektovanog svetla, i kasnije u detekciji audio signala. U referentnom radu su na ovaj način uspeali da detektuju audio signal u vidu sinusoida, ali ne i ljudski govor (Amendolare i Sarraf 2005).

Ispitano je da li sistem koji koristi refleksiju lasera o staklenu površ prikazan na slici 1, bez korišćenja dodatnih optičkih komponenti, kao što je rađeno u pomenutom istraživanju (Amendolare i Sarraf 2005), za fokusiranje i prikupljanje laserskog, može da rekonstruiše audio signal. Takođe je ispitano koji je od tri navedena fotoprijemnika optimalan za detekciju. Urađena je hardverska i softverska obrada tako dobijenog signala da bi rekonstrukcija bila čistija i sa manje šuma.

Andrijana Miković (2000), Kragujevac, Dr. Ivanke Moačević 11, učenica 3. razreda Prve kragujevačke gimnazije

Ivan Čejić (2001), Vršac, Gavrlia Principa 35, učenik 3. razreda ŠC „Nikola Tesla” u Vršcu

MENTOR: Đorđe Marijanović, student elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu



Slika 1. Grafički prikaz sistema

Figure 1. Graphical display of the system

Metod

Princip rada. Laser je uperen u fiksirano staklo, a prijemnik postavljen pod takvim uglom u odnosu na laser da prikuplja maksimalnu količinu reflektovanog zraka. U cilju konverzije svetlosnog u električni signal, u ovom radu su korišćeni fototranzistor, fotootpornik i solarni panel i upoređivanja je njihova efikasnost u ovom sistemu. Promena ugla površine refleksije izazvana akustičnim talasima na izlazu senzora vidi se kao zavisnost napona u vremenu, uzorak sniman ovim sistemom i njegova promena je prikazana na slici 3.

Sa ciljem da eksperiment bude ponovljiv, zvuk je puštan sa zvučnika čiji se položaj u odnosu na staklo mogao menjati tako da vibracije

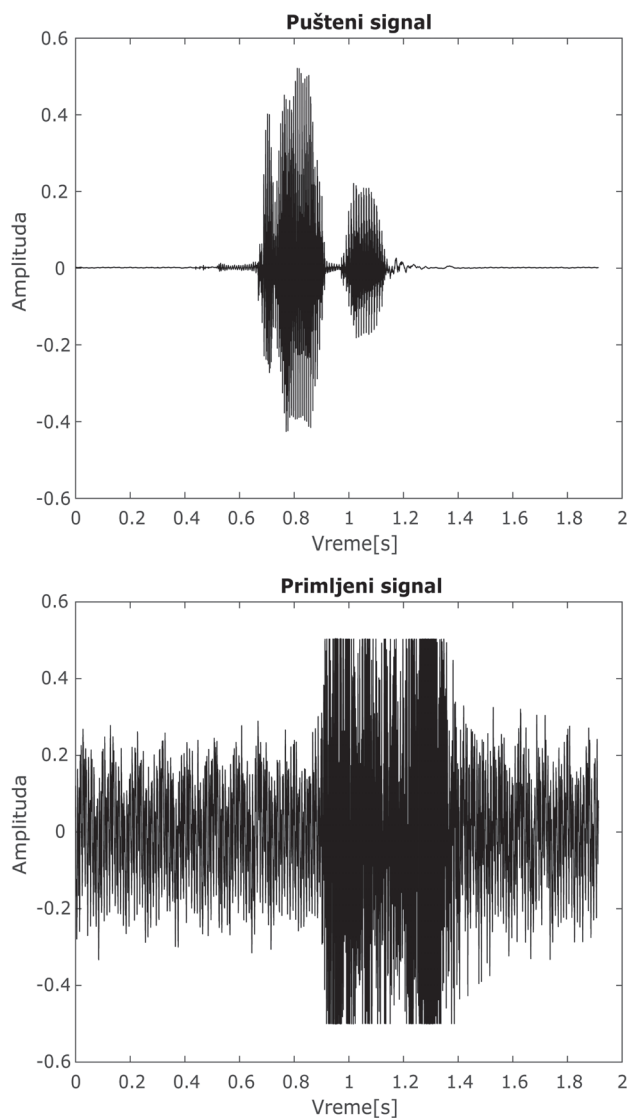
opne na zvučniku ne utiču direktno na odbojnu površinu stakla. Prilikom merenja izgovoreni tekst je paralelno sniman i putem eksperimentalne aparature i neposredno mikrofonom.

Hardverska obrada. Prijemnik nije izolovan od drugih izvora svetlosti, što stvara šum, neželjenu komponentu u sistemu koji smanjuje kvalitet signala koji se obrađuje. Svetlost koja dolazi iz laboratorije se u Evropi napaja mrežom koja radi na 50 Hz, te stvara šum te frekvencije, tako da je moguće izdvojiti govor od šuma koji se ne nalazi u tom opsegu. Neželjeni deo izlaznog signala se otklanja uz pomoć visokopropusnog RC filtra, koji propušta samo signal čija frekvencija prelazi određenu granicu. RC filter je konstruisan tako da otkloni najveći mogući deo neželjenog signala čije frekvencije nisu u opsegu ljudskog govora. Pretpostavljeno je da se ljudski



Slika 2. Prikaz hardverskog sistema kroz koji prolazi signal

Figure 2. Display of the hardware system through which the signal passes



Slika 3. Grafički prikaz promene izlaznog signala

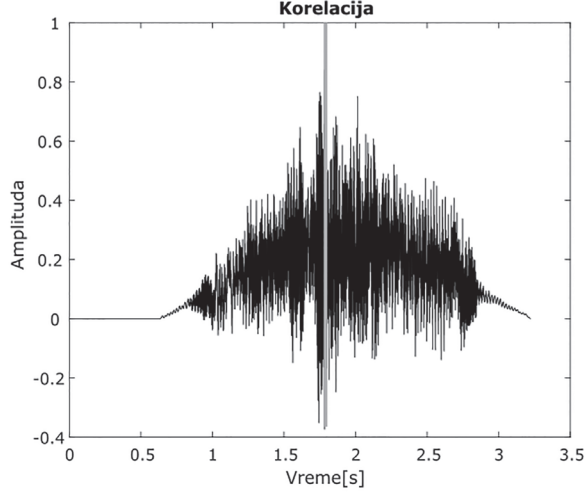
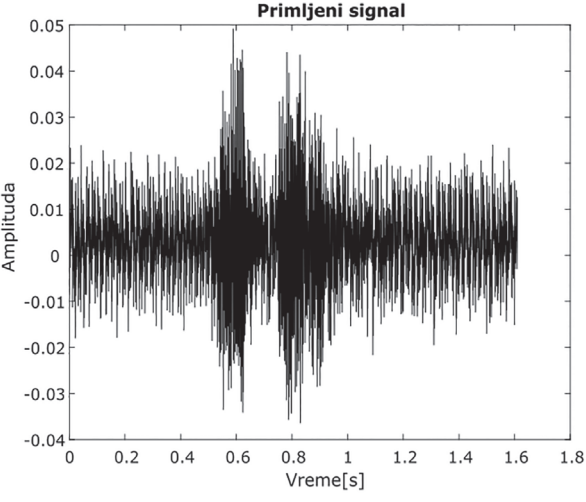
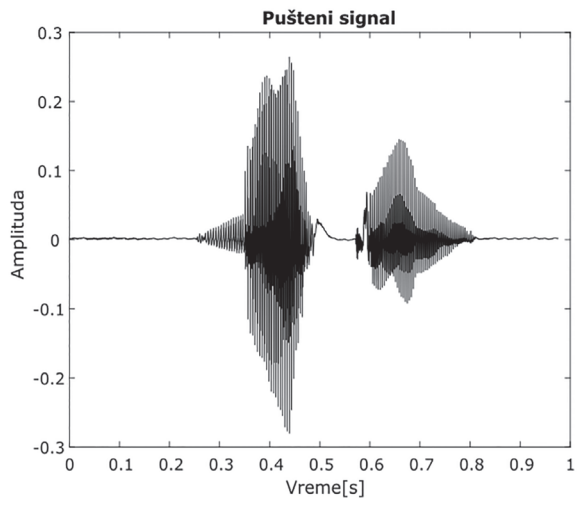
Figure 3. Graphical display of the change of the output signal

govor nalazi u opsegu frekvencije od 300 Hz do 3.4 kHz (Monson *et al.* 2014).

Promena amplitude električnog signala je srazmerna promeni količine svetlosti koja pada na prijemnik, izazvane oscilacijama stakla. Stoga je bilo potrebno povećati amplitudu električnog signala, kako šum nastao tokom prenosa do računara ne bi značajno pogoršao njegov kvalitet, i kako bi signal bio u odgovarajućem opsegu u kome zvučna kartica može da ga detektuje. Za tu svrhu je konstruisan pojačavač.

Prikaz blok šeme hardverske obrade signala se može videti na slici 2.

Određivanje SNR. Da bi se odredilo koja je postavka efikasnija za korišćenje, upoređen je odnos snaga izlaznog signala i šuma (SNR), za različite postavke. Sniman je signal na izlazu iz senzora i upoređivan sa referentnim, koji je pušten sa zvučnika. Referentni signal predstavlja signal bez šuma u odnosu na koji se računa vrednost šuma. Šum predstavlja razliku snimljenog signala na izlazu iz sistema i referentnog. Što je veća vrednost SNR, to se željeni signal više izdvaja u odnosu na šum, samim tim sistem bolje detektuje audio signal iz prostorije. SNR se računa po formuli (1), tako da njegova vrednost



Slika 4. Prikaz primene korelacije na dva nesinhronizovana signala

Figure 4. Application of the correlation to two non-synchronized signals

Tabela 1. Srednja vrednost SNR za tri postavke

	Fototranzistor	Fotooptornik	Solarni panel
Zvučnik bez softverskog filtra	0.05	-12.22	-3.11
Zvučnik sa softverskim filtrom	0.16	-6.31	-0.78
Glas bez softverskog filtra	4.54	1.68	-0.74

može biti negativna. Negativna vrednost SNR znači da je snaga šuma veća od snage signala:

$$\text{SNR} = 10 \cdot \log_{10} \frac{\text{snaga signala}}{\text{snaga šuma}} \quad (1)$$

Spektralna karakteristika signala. Signale je bilo potrebno sinhronizovati, tako da koristan deo počinje u istom vremenskom trenutku, da bi se kasnije mogao odvojiti šum iz snimljenog signala. Na osnovu korelacije može se utvrditi za koliko je jedan signal vremenski pomeren u odnosu na drugi i uskladiti njihove početne trenutke. Sinhronizacija je postignuta određivanjem trenutka kada je kroskorelacija signala najveća, slika 4.

Delimično otklanjanje uticaja spektralnih karakteristika elemenata korišćenih u aparaturi je moguće računanjem spektralne karakteristike sistema. Sniman je prijemni signal pri puštanju sinusoidnog ulaznog signala frekvencija od 100 Hz do 5 kHz. Odnos amplituda izlaznog i ulaznog signala predstavlja spektralnu karakteristiku sistema, koja invertovana u konvoluciji sa izlaznim signalom daje filtrirani.

Rezultati

Kao referentni zvukovi, mikrofonom su snimljeni glasovi petoro ljudi. Svako od njih je izgovorio po 10 reči. Izabrano je više ljudi zbog raznovrsnosti opsega frekvencija glasova. Srednja vrednost SNR za sve tri postavke na uzorku od 50 snimaka se vidi u tabeli 1.

Primećuje se da sistem bolje reaguje na direktan ljudski glas kao zvučni izvor, nego na snimljen govor pušten sa zvučnika. Kod direktnog ljudskog glasa je problem neponovljivost merenja, zato što je nemoguće ponoviti istu rečenicu istom jačinom, na isti način. Referentni signal u tom slučaju predstavlja glas sniman mikrofonom paralelno sa snimanjem eksperimentalnom aparaturom.

Zaključak

Fototranzistor se pokazao najboljim za detektovanje kod oba zvučna izbora, dok su se rezultati poboljšali primenom softverskog filtra dobijenog spektralnom analizom sistema. Kod zvučnika kao zvučnog izvora se bolje pokazao solarni panel od fotooptornika zbog veće površine i samim tim mogućnosti da detektuje veću količinu laserskog zraka i registruje više promena. Zbog tromosti elemenata i nemogućnosti da prave brze promene signala dobijeni zvuk je nerazumljiv. Činjenica da krajnji signal nije razumljiv se vidi iz dobijenih rezultata čije su vrednosti znatno ispod vrednosti SNRa signala kod koga jasno možemo prepoznati glas, oko 15 dB (King 1975). Tokom merenja, znajući unapred šta očekujemo, na snimku smo mogli prepoznati pojedine reči, ali osoba sa strane nije mogla da prepozna reči na snimku, već samo da konstatuje da na njemu postoji nejasan ljudski govor. Pošto je aparatura osetljiva, nije moguće napraviti identične uslove merenja, pa se za ista snimanja dobijaju drugačiji rezultati.

Audio nadzor udaljene prostorije koristeći ovaj sistem se pokazao neuspešnim. Sistem nije vraćao jasan audio signal ni na malim rastojanjima od površine refleksije. Pravljenjem izolovanog detektora na čiju površinu laserski zrak usmeruju nizovi optičkih instrumenata bi poboljšalo rezultate istraživanja. Sa takvim uređajem bilo bi moguće vršiti audio nadzor udaljene prostorije preko vibracije staklene površine kao što su i pokazali u (Amendolare i Sarraf 2005).

Literatura

Alhota G. A. 2014. Sound Waves Transmission via IR Laser The Laser Microphone Device. University of Beghazai, Faculty of Engineering. https://www.academia.edu/13549827/Sound_Waves

[_Transmission_via_IR_Laser_The_Laser_Microphone_Device?auto=download](#)

Amendolare V., Sarraf W. 2005. Laser Audio Surveillance Device. BS thesis. Worcester Polytechnic Institute, 100 Institute Rd, Worcester, MA 01609, USA

King G. J. 1975. *The Audio Handbook*. Oxford: Butterworth-Heinemann

Monson B. B., Hunter E. J., Lotto A. J., Story B. H. 2014. The perceptual significance of high-frequency energy in the human voice. *Frontiers in Psychology*, 5: 587.

Andrijana Miković and Ivan Čejčić

Detection of a Speech Signal by Reading the Vibrations of a Glass Surface

This paper examines the possibility of speech detection by reflecting the part of the laser beam

off a glass surface, and characterizes the efficiency of this system in laboratory conditions. The system's efficiency has been determined for three different receivers: phototransistor, photoresistor and solar panel, using two different sound sources, human voice and speakers. It was calculated by the SNR, the ratio of the volume of the sound from the system and the background noise volume. The system functions on the principle of an oscillation of the reflecting surface, causing a variable reflective signal which is detected by the receiver, later processed and read on the computer.

The receiver that showed the best results is a phototransistor for both sound sources (speaker and human voice). For voice as the source, the SNR value for the phototransistor was 4.54 dB and for the speakers 0.05 dB, while the other two components had negative SNR values, with the exception of the photoresistor with the voice as the sound source (1.68 dB). After the application of a software filter, constructed by spectral analysis of the system on the received signal in the case of speakers as a source, the SNR values increased. 