



Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za elektroničke sustave i obradu informacija
Sveučilište u Zagrebu

Sustav za pozicioniranje pomoću zvuka



- Δ Dio projekta "Pametna kuća"
- Δ model sustava, triangulacija
- Δ osjetljivost sustava, preciznost

Sažetak

Rad opisuje teoretsku izvedbu sustava koji koristi zvuk za lociranje mikrofona tj. osobe.

Sadržaj

1. UVOD	3
2. OPIS SUSTAVA	4
3. METODE	5
4. REZULTATI	6
5. ZAKLJUČAK	9
6. POJMOVNIK	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

Ovaj seminarski rad je izrađen u okviru predmeta „Sustavi za praćenje i vođenje procesa“ na Zavodu za elektroničke sustave i obradbu informacija, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu.

Sadržaj ovog rada može se slobodno koristiti, umnožavati i distribuirati djelomično ili u cijelosti, uz uvjet da je uvijek naveden izvor dokumenta i autor, te da se time ne ostvaruje materijalna korist, a rezultirajuće djelo daje na korištenje pod istim ili sličnim ovakvim uvjetima.

1. Uvod

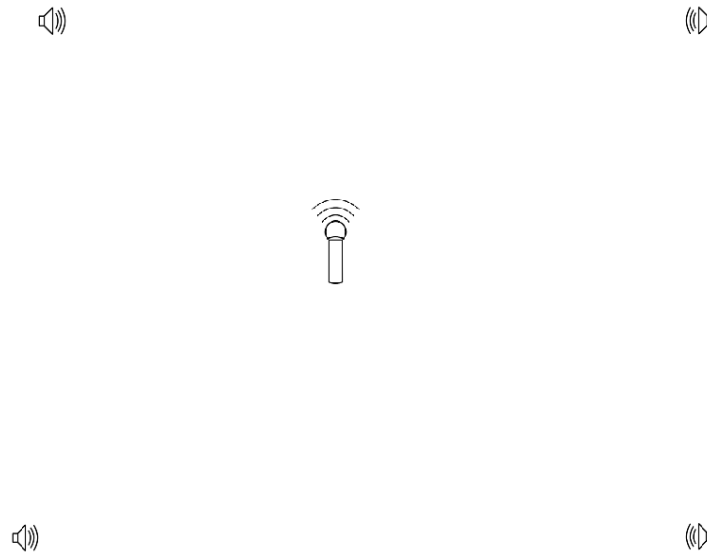
Navigacija je u današnjem svijetu od iznimne važnosti. Dok navigaciju u otvorenim prostorima omogućuje GPS, unutrašnji prostori poput zgrada i kuća nisu pokriveni. Snalaženje u tim prostorima je otežano ako osoba ne poznaje zgradu ili ako je npr. slijepa ili slabovidna.

Cilj ovog projekta je ispitati mogućnost lociranja osobe unutar sobe pomoću zvuka. Jednom kada sustav ima lokaciju osobe može pružiti i pomoć pri navigaciji u obliku uputa: bilo vizualnih bilo zvučnih.

Kada bi precizno lociranje bilo moguće to bi omogućavalo lakše snalaženje osoba koje su u nekoj zgradi tek prvi put a omogućilo bi slijepim i slabovidnim osobama kretanje po zgradi bez pomoći vodiča.

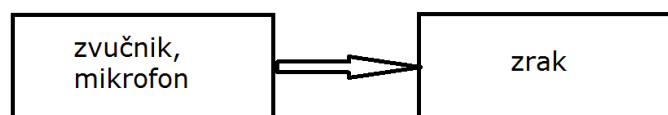
2. Opis sustava

Sustav se sastoji od 4 izvora zvuka (zvučnici) i jednog mikrofona čiju poziciju mjerimo. Blok shema prikazana je slikom 1.



Slika 1. Blok shema sustava

Kao što je vidljivo iz slike 1, zvuk propagira kroz tri sustava: zvučnik, zrak i na kraju mikrofona. Budući da su sustavi u kaskadi teorija sustava nam omogućuje da ih preslagujemo. Ako grupiramo zvučnik i mikrofona, možemo ih promatrati kao jedan sustav što znatno olakšava mjerenje njegove frekvencijske karakteristike. Blok shema pojednostavljenog sustava je prikazana slikom 2.



Slika 2. Presložena blok shema sustava

Podaci snimljeni mikrofona zatim se obrađuju pomoću Matlaba i triangulira se položaj mikrofona.

3. Metode

Osnova mjerenja udaljenosti pomoću zvuka je Stokesov zakon atenuacije zvuka u fluidima koji podliježu Newtonovim zakonima [1]. To su tzv. Newtonovski fluidi. Zakon glasi:

$$\alpha = \frac{2\eta\omega^2}{3\rho V^3}$$

gdje je η viskoznost fluida, ω frekvencija vala, ρ gustoća fluida i V brzina vala u fluidu. Zakon se tumači ovako: na udaljenosti d od izvora zvuka amplituda sinusnog vala je:

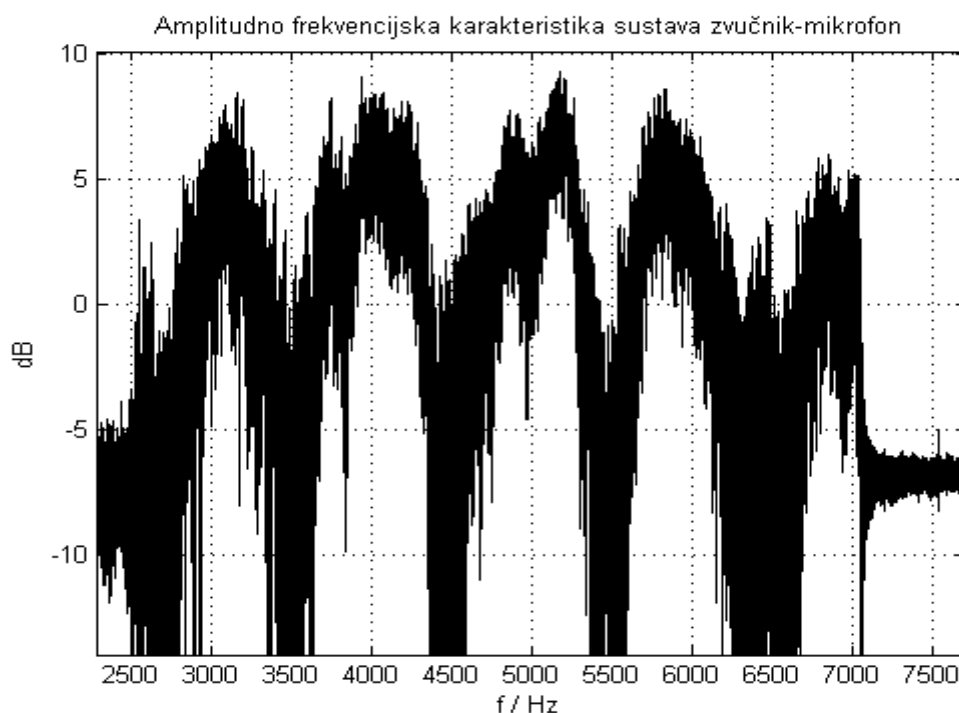
$$A(d) = A_0 e^{-\alpha d}$$

Dakle mjerenjem amplitude primljenog vala uz poznate parametre fluida i frekvenciju daje nam informaciju o udaljenosti od izvora zvuka. Da bi mogli mjeriti samo atenuaciju zvuka moramo poznavati frekvencijsku karakteristiku kombinacije zvučnik-mikrofon. Sustav je najprije umjeren mjerenjem te karakteristike uz poznatu udaljenost mikrofona od zvučnika.

Slijedeći korak je triangulacija položaja mikrofona koja je zapravo rješavanje sustava od 4 jednačbe i dvije nepoznanice. Svaka jednačba je jednačba kružnice sa radijusom jednakim izmjerenoj udaljenosti od zvučnika.

4. Rezultati

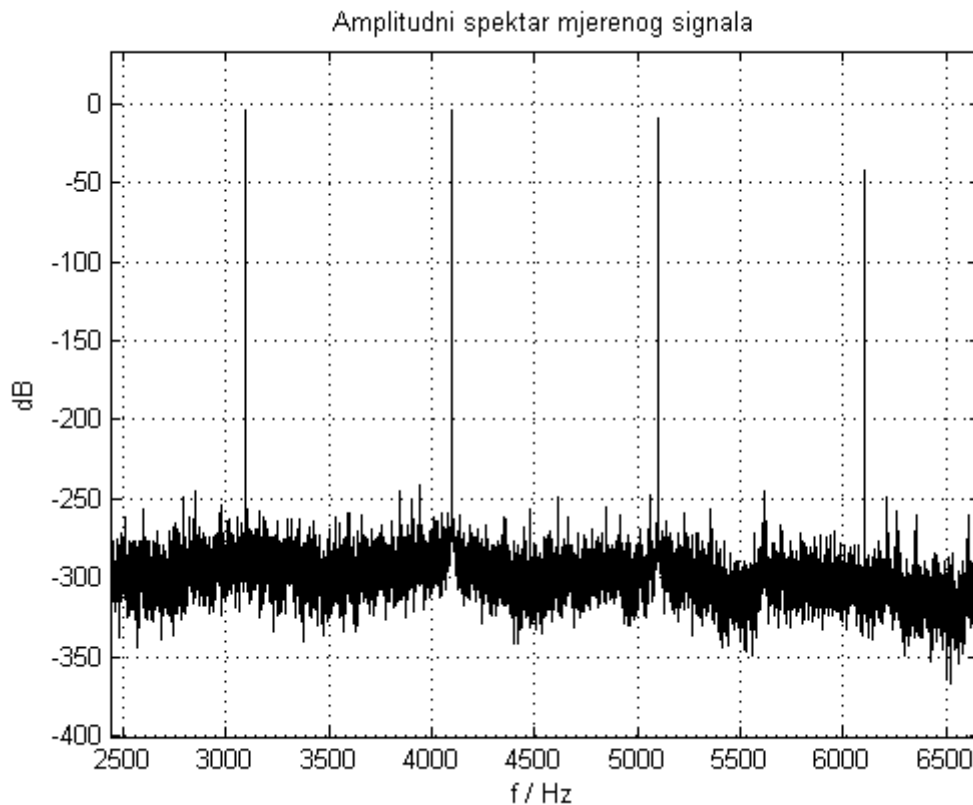
Prvi korak u mjerenju je bilo mjerenje u frekvencijske karakteristike kombinacije zvučnik-mikrofon. Utjecaj atenuacije zvuka u zraku kompenziran je mjerenjem sa poznatom i malom udaljenosti mikrofona od zvučnika. Mjerena je karakteristika u rasponu od 2.5kHz do 7kHz i tada su odabrane frekvencije koje su se koristile za mjerenje udaljenosti od svakog zvučnika. Signal za mjerenje generiran je pomoću Matlab funkcije *chirp* [2]. Amplitudno frekvencijska karakteristika mjenog odziva prikazana je slikom 3.



Slika 3. A-f karakteristika sustava zvučnik-mikrofon

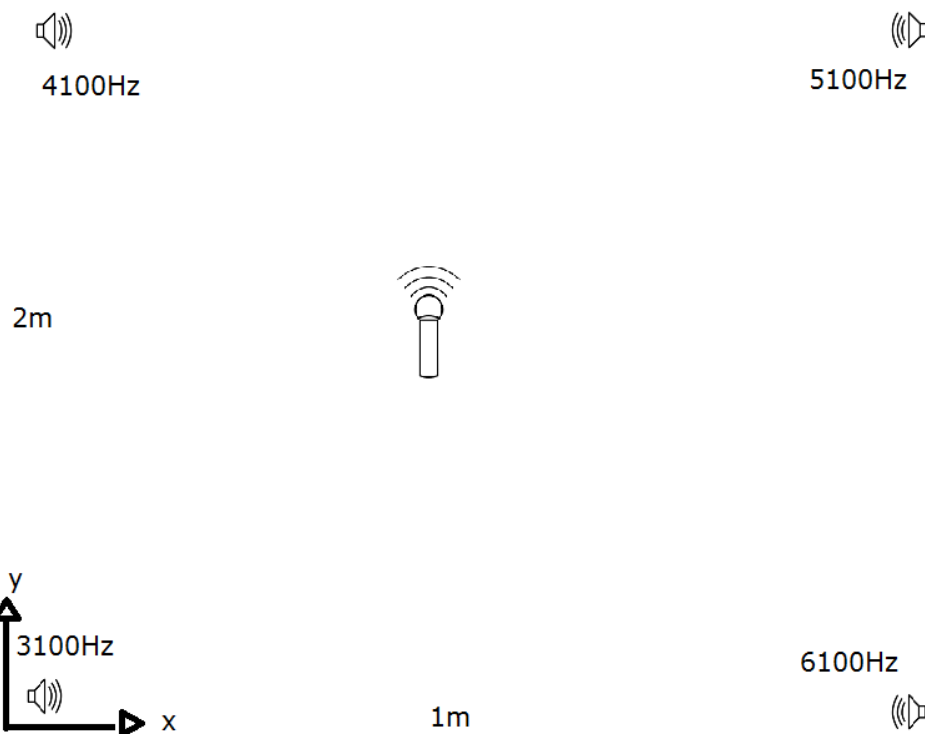
Na temelju tih mjerenja odabrane su slijedeće frekvencije: 3100Hz, 4100Hz, 5100Hz i 6100Hz.

Tada su ti tonovi odsvirani i izmjerena je amplituda snimljenog odziva. Amplitudno frekvencijski spektar snimljenog signala prikazan je slikom 4.



Slika 4. Amplitudni spektar mjerenog signala

Mikrofon je najudaljeniji od zvučnika sa frekvencijom od 3100Hz a najbliži zvučniku sa frekvencijom od 5100Hz. Korištenjem izmjerenih udaljenosti tada je trianguliran položaj mikrofona. Ako koordinatni sustav postavimo kako je prikazano na slici 5 tada su stvarne koordinate mikrofona (0.6,1.6)m dok su izmjerene koordinate (0.54,1.63)m.



Slika 5. Blok shema mjernog postava

Mjerenje je provedeno uz jako niski šum pa je za analizu utjecaja šuma na sustav korištena Matlab funkcija *awgn* [3] i šum je dodan na mjereni signal. Pomoću funkcije *awgn* SNR je postavljen na 5dB. U tom slučaju je jako teško odrediti točnu poziciju mikrofona jer je komponenta na 6100Hz potpuno utopljena u šum tj. sustav je neupotrebljiv zbog prevelike pogreške.

5. Zaključak

Opisana je teorijska izvedba sustava koji bi koristio zvuk za lociranje ljudi u zatvorenim prostorima i analizirana je njegova preciznost. Glavne prednosti sustava su: jednostavnost osnovne ideje i mogućnost implementacije na pametne telefone. No sustav ima i nekoliko nedostataka: zahtjeva poznavanje frekvencijskih karakteristika izvora i mikrofona i njegova preciznost uvelike ovisi o tome. Pored toga zahtjeva i instalaciju barem 4 izvora zvuka u prostorijama.

Kada bi postojala infrastruktura za ovakav sustav on bi omogućio poboljšanje kvalitete života slijepim i slabovidnim osobama. Također bi bio koristan za navigaciju u npr. državnim institucijama.

Daljnji razvoj sustava trebao bi se fokusirati na razvoj detekcije odbijenih signala te na razvoj metoda koje bi smanjile ovisnost sustava o poznavanju točne frekvencijske karakteristike izvora i mikrofona.

6. Literatura

- [1] Stokes' law of sound attenuation URL:
http://en.wikipedia.org/wiki/Stokes%27_law_of_sound_attenuation
(28.5.2014)
- [2] Matlab Documentation Center URL:
<http://www.mathworks.com/help/signal/ref/chirp.html> (2.6.2014)
- [3] Matlab Documentation Center URL:
<http://www.mathworks.com/help/comm/ref/awgn.html> (2.6.2014)

