

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Na 751. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu održanoj 03.07.2012. godine, određeni smo za članove Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije mr Miška Subotića pod naslovom "Uticaj akustičkog i biološkog šuma na kvalitet merenja signala otoakustičke emisije". Nakon pregleda dobijenog materijala, Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta podnosimo sledeći

I Z V E Š T A J

PODACI O KANDIDATU

Miško Subotić je rođen 30.04.1963 godine u Beogradu. Po završetku osnovne škole upisuje se u matematičku gimnaziju "Veljko Vlahović" a potom 1981. godine upisuje Elektrotehnički fakultet u Beogradu. Elektrotehnički fakultet završava 1987. godine sa srednjom ocenom 8.03 i odbranjenim diplomskim radom na smeru za Tehničku fiziku sa ocenom 10, stekavši zvanje "diplomirani inženjer elektrotehnike". Iste godine upisuje se na poslediplomske studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu odsek "Optoelektronika", koje završava 1992. godine sa srednjom ocenom 10 i temom magistarskog rada "Istraživanje uslova za laserski stimulirano dopiranje Ga-AS", mentor prof. Jovan Radunović. 1993. godine stiče zvanje istraživač saradnik.

Zapošljava se 1988. godine u Institutu za fiziku u Zemunu, gde je radio do 1993. Od 1993. godine radi u Institutu za eksperimentalnu fonetiku i patologiju govora a od 2007. do danas zaposlen je u Centru za unapređenje životnih aktivnosti, kao direktor Centra.

Član je sledećih udruženja:

- Počasni član P.A.L.O. najveće grčke organizacije za brigu o deci sa poremećajima verbalne komunikacije.
- Član Međunarodnog komiteta za fonetiku slovenskih jezika.

Učestvovao je na sledećim projektima osnovnih istraživanja i tehnološkog razvoja:

- 1995-2000. godine: *Psiholingvistička istraživanja* (05T24), rukovodilac projekta prof. dr Svenka Savić.
- 2002-2005. godine: *Multidisciplinarna istraživanja resursa srpskog jezika sa aplikacijama u lingvistici, defektologiji i komunikacijama* (OI1784), rukovodilac projekta prof. dr Slobodan Jovičić.
- 2002-2004. godine: *Istraživanje otoakustičke emisije i razvoj sistema za ranu detekciju oštećenja sluha* (IT0239), rukovodilac projekta prof. dr Slobodan Jovičić.
- 2005-2007. godine: *Sistem za objektivnu procenu kvaliteta artikulacije i njegova primena u korekciji patološkog izgovora* (006134), rukovodilac projekta prof. dr Slobodan Jovičić.
- 2008 -2010. godine: *E - medicine sistem za procenu kvaliteta sluha* (13011), rukovodilac projekta prof. dr Slobodan Jovičić.
- 2006-2010. godine: *Interdisciplinarna istraživanja govorno jezičkih resursa srpskog jezika* (148028G), rukovodilac projekta prof. dr Slobodan Jovičić.
- 2011-2014. godine: *E-logoped* (TR32032), rukovodilac projekta dr Zoran Šarić.

U ovom periodu objavio je preko 100 radova, učestvovao na nekoliko projekata i realizovao nekoliko tehničkih rešenja, od kojih su neka patentirana. Kao autor i koautor objavio je do sada sledeće naučne radove vezane za problematiku otoakustičke emisije:

Jovičić, S.T., Subotić M., Ojdanić M. (2001). Metode za analizu signala otoakustičke emisije. *Konferencija ETRAN 2001*, Arandelovac.

- Šarić, Z., Jovičić S.T., Subotić M., Ignjatijević D. (2001). Impulsno izazvana otoakustička emisija. *Konferencija ETRAN 2001*, zbornik radova, Arandelovac.
- Subotić, M., Jovičić S.T., Šarić Z., Ignjatijević D. (2003). Metode akustičke stimulacije otoakustičke emisije. *Konferencija ETRAN 2003*, zbornik radova, Herceg Novi.
- Subotić M., Jovičić S.T. (2005). Vrste otoakustičkih emisija. Poglavlje u monografiji: *Otoakustička emisija, teorija i praksa*, IEFGP & P.A.L.O., editori, S.T. Jovičić, M. Sovilj, Beograd, ISBN 86 - 81879-10-3, str. 56-90.
- Jovičić S.T., Šarić Z., Subotić M. (2005). Metode merenja i obrade signala OAE. Poglavlje u monografiji: *Otoakustička emisija, teorija i praksa*, IEFGP & P.A.L.O., editori, S.T. Jovičić, M. Sovilj, Beograd, ISBN 86 - 81879-10-3, str. 91-121.
- Pantelić S., Đoković S., Subotić M. (2005). TEOAE dece sa oštećenjem sluha. *Konferencija ETRAN*, zbornik radova, Budva.
- Šabanović, S., Đoković S., Subotić M. (2005). Comparative analysis of the results of TEOAE and BERA. *Speech and Language, Fundamental and Applied Aspects of Speech and Language*, Editors: S.T. Jovičić, M. Sovilj, Beograd, SCG, IEFGP, ISBN 86-81879-09-X, pp. 70-75
- Pantelić, S., Subotić M., Barlov I. (2005). Comparative analysis of the results of TEOAE and Tonal Liminar Audiometry. *Speech and Language, Fundamental and Applied Aspects of Speech and Language*, Editors: S.T. Jovičić, M. Sovilj, Beograd, SCG, IEFGP, ISBN 86-81879-09-X, pp. 95-100
- Đoković S., Subotić M., Pantelić S. (2005). Characteristic TEOAE children with speech and language disorders. *Speech and Language, Fundamental and Applied Aspects of Speech and Language*, Editors: S.T. Jovičić, M. Sovilj, Beograd, SCG, IEFGP, ISBN 86-81879-09-X, pp. 203-207
- Adamović T., Sovilj M., Jeličić Lj., Subotić M. (2007). Primena prenatalne i postnatalne procedure u funkciji rane detekcije i dijagnostike poremećaja verbalne komunikacije, *Poremećaji verbalne komunikacije, prevencija, dijagnostika, tretman*, IEFGP, Beograd, 2007. ISBN. 978-86-81879-16-0, str. 108-115.
- Subotić M., Punišić S., Čabarkapa N. (2009). Telehealth in the Audiology. *Conf. TELFOR*, Proceedings, ISBN 978-86-7466-375-2, pp. 1077-1080.
- Subotić M., Vojnović M. (2009). Ear canal biological noise. *Conf. TELFOR*, Proceedings, ISBN 978-86-7466-375-2, pp. 1073-1076.
- Subotić M., Vojnović M. (2009). Electroacoustic model for otoacoustic probe. *Proc. 53rd ETRAN Conference*, ISBN 978-86-80509-64-8.
- Vojnović M., Subotić M. (2009). Influence of the ear canal wall impedance on the transfer characteristic. *Proc. 53rd ETRAN Conference*, ISBN 978-86-80509-64-8.
- Subotić, M., Šarić Z., Jovičić S.T. (2012). Adaptive Filter Based Two-Probe Noise Suppression System for Transient Evoked Otoacoustic Emission Detection. *Annals of Biomedical Engineering*, 40, 637-647, SCI, IF=2,368.

Patenti:

- System and procedure for audiometry testing of hearing, S.T. Jovičić, Z Šarić, D. Ignjatijević, M. Subotić, Patent, P528/03, 2003.
- Microsonde for hearing testing based on otoacoustic emission, S.T. Jovičić, Z Šarić, M. Subotić, Patent, MP 2005/0009, 2005.

Na osnovu dosadašnjeg stručnog rada i publikovanih naučnih rezultata uočava se da je kandidat Miško Subotić kvalifikovan za rad na izradi doktorske disertacije na predloženu temu.

PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Osvrt na relevantne bibliografske izvore

Otkriće otoakustičke emisije (Kemp 1978) značajno je izmenilo naučno gledište o funkcionisanju kohlee. Brzo je uočen klinički značaj merenja otoakustičke emisije, posebno kao skrtining metode u detekciji oštećenja sluha (Kemp, 1986; Kemp, 1997).

Merenje tranzijentne otoakustičke emisije je metod koji se danas najčešće koristi kao skringing metod za proveru kvaliteta sluha (Robinette, 2002). Međutim, prisustvo artefakta pobudnog stimulusa i šumova u ušnom kanalu, prouzrokuju ozbiljne poteškoće u detekciji signala tranzijentne otoakustičke emisije. Osnovni problem je veoma nizak nivo otoakustičke emisije 10 do 20 dB SPL (Robinette, 2002), što je značajno ispod nivoa šuma koji se pojavljuje u ušnom kanalu.

Šumovi koji se javljaju u ušnom kanalu mogu biti eksterni (ambijentalna buka) i interni (biološki šum). Biološki šum u ušnom kanalu je rezultat funkcionisanja ljudskog organizma (otkucaji srca, disanje, funkcija unutrašnjih organa, pokreti tela itd.), i on kao širokopjasni šum (Nixon, 1966) značajno maskira signal otoakustičke emisije (Gorga et al., 2000; Whitehead et al., 1994; Tlumak, 2001). Zbog toga je karakterizacija bioloških šumova u ušnom kanalu bitan preduslov unapređenja postupaka za merenje otoakustičke emisije.

Da bi se postigao zadovoljavajući odnos signal/šum i poboljšala pouzdanost detekcije otoakustičke emisije, primenjuju se različite metode zasnovane na poboljšanju uslova snimanja, optimizaciji karakteristika pobudnog signala, kao i na poboljšanju algoritama za obradu signala otoakustičke emisije (Bray, 1987; Muller, 2002; Neumann, 1994; Rasmussen, 1998; Thornton, 1993). Jedna od metoda za potiskivanje šuma je adaptivno filtriranje pomoću jednog ili više referentnih mikrofona (Delgado et al., 2000; Muller, 2002).

Međutim, nijedno rešenje do sada nije se fokusiralo na problem maskiranja signala OAE biološkim šumovima, što jeste predmet ove disertacije.

- Bray, P.J., Kemp D. (1987). An advanced cochlear echo technique suitable for infant screening. *Br J Audiol.*, 21, 191-204.
- Delgado R.E., Ozdamar O., Rahman S., Lopez C.N. (2000). Adaptive noise cancellation in a multimicrophone system for distortion product otoacoustic emission acquisition. *IEEE Trans Biomed Eng.*, 47, 1154-1164.
- Gorga, M.P., Norton S.J., Sininger Y.S. (2000a). Identification of neonatal hearing impairment: distortion product otoacoustic emissions during the perinatal period. *Ear Hear* 21:400-424.
- Kemp, D.T. (1978). Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *JASA*, 64, 1386-1391.
- Kemp, D.T. (1997). Otoacoustic emissions in perspective. In *Otoacoustic Emissions: Clinical Applications*. M. S. Robinette and T. J. Glatke, Eds.: Thieme, USA, 1-21.
- Kemp, D.T., Bray P., Alexander L., Brown A.M. (1986). Acoustic emission cochleography practical aspects. *Scand. Audiol.*, 25, 71-94.
- Muller, P., Kompis M. (2002). Evaluation of a noise reduction system for the assessment of click-evoked otoacoustic emissions. *JASA*, 112, 164-171.
- Neumann, J., Uppenkamp S.S., Kollmeier B. (1994). Chirp evoked otoacoustic emissions. *Hear. Res.*, 79, 17-25.
- Nixon, C.W., Hille H.K., Kettler K. L. (1966). *Attenuation characteristics of earmuffs at low audio and infrasonic frequencies*. Wright-Patterson AFB, Ohio Technical Report.
- Rasmussen, A.N., Osterhammel P.A., Johannesen P.T., Borgkvist B. (1998). Neonatal hearing screening using otoacoustic emissions elicited by maximum length sequences. *Br. J. Audiol.*, 32, 355-366.
- Robinette, M.S., Glatke T.J. (2002). *Otoacoustic emissions: clinical applications*. Second edition, Thieme, NY.
- Thornton, A.R.D. (1993). High rate otoacoustic emissions. *JASA*, 94, 132-136.
- Tlumak, A.I., Kileny P.R. (2001). Parameters that affect the measurement of otoacoustic emissions. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.*, 9, 279-283.
- Whitehead, M.L., Stagner B.B., Lonsbury-Martin B.L., Martin G.K. (1994). Measurement of otoacoustic emissions for hearing assessment. *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, 13, 210-226.

Predmet rada na temi ove disertacije jeste sistematsko istraživanje uticaja raznih vrsta šumova na kvalitet detekcije signala otoakustičke emisije (OAE) i mogućnosti njihovog potiskivanja u signalu OAE. Priroda problema definiše nekoliko pravaca istraživanja:

- (i) analiza biološkog šuma i njegovog uticaja na maskiranje i detekciju signala OAE,
- (ii) analiza mogućnosti primene višekanalnih postupaka snimanja i obrade signala smetnji i signala OAE,
- (iii) formulisanje novog algoritma za potiskivanje biološkog šuma u signalu impulsno izazvane OAE, i
- (iv) analiza efikasnosti novog algoritma i njegove primene u kliničkoj praksi.

Ciljevi istraživanja

Osnovni cilj istraživanja je nalaženje postupaka i metoda za kvalitetniju i pouzdaniju detekciju signala OAE u odnosu na postojeća rešenja, na osnovu kojih se mogu doneti bolje procene stanja sluha, odnosno stepena oštećenja unutrašnjeg uva – kohlee.

Takođe, nekoliko užih ciljeva je definisano, kao što su:

- eksperimentalna istraživanja u karakterizaciji biološkog šuma u slušnom kanalu i njegovog uticaja na postupak detekcije signala OAE, i posebno korelacije bioloških šumova u levom i desnom uvu obzirom na moguću primenu višekanalnih postupaka obrade signala,
- razvoj softverskog rešenja novog algoritma za potiskivanje biološkog šuma u signalu OAE koji treba da obezbedi kvalitetniju detekciju signala OAE, i koji se bez značajnijih intervencija može ugraditi u postojeće sisteme za merenje OAE,
- eksperimentalna verifikacija efikasnosti novog algoritma što je od posebnog značaja za potencijalne kliničke primene.

POLAZNE HIPOTEZE

Otkriće otoakustičke emisije dovelo je do značajne promene u posmatranju i opisivanju procesa koji se odvijaju u kohlei (unutrašnje uvo). Teorijsku postavku o pasivnom frekvencijski selektivnom senzoru zamenjuje nova, koja kohleu posmatra kao aktivan element koji poseduje pozitivnu povratnu spregu i koji je u mogućnosti da generiše zvuk niskog intenziteta. Ovo je za posledicu imalo značajne promene i u pogledu na teorijske modele koji su pokušavali da objasne percepciju zvuka. Danas se merenje OAE najviše koristi kao (objektivna) skrining metoda za procenu stanja sluha kod novorođenčadi pri čemu su i vremensko trajanje merenja i funkcionalnost cele kohlee od suštinskog značaja.

Sposobnost zdravog uva da generiše zvuk koji se može meriti, našla je brzo primenu u medicini, kao objektivna mera za procenu stanja senzorskog dela auditornog puta. Relativno brzo su se pojavili uređaji za merenje SOAE (spontane otoakustičke emisije), TEOAE (tranzijentne otoakustičke emisije) i DPOAE (otoakustička emisija kao proizvod distorzije). Bez obzira na tip, OAE je signal niskog intenziteta duboko uronjen u šum. U određenim primenama moguće je uticati na smanjenje ambijentalne buke tako što se merenja odvijaju u tihoj sobi, dok je biološki šum stalno prisutan i na njega je praktično nemoguće uticati. Visok nivo kombinovanih šumova za posledicu ima produženje vremena potrebnog za merenje ili nemogućnost merenja OAE u pojedinim frekvencijskim oblastima, što zajedno nepovoljno utiče na pouzdanost merenja. Zbog toga se čine različiti naponi kako bi se unapredili metodi merenja signala OAE. Oni idu u pravcu poboljšanja algoritama za detekciju signala OAE, primeni algoritama za potiskivanje šumova u mernom signalu, promene načina merenja ili su kombinacija ova tri pristupa.

Polazna hipoteza se primarno bavi pitanjem mogućnosti potiskivanja biološkog šuma u signalu OAE i time poboljšanja odnosa (signal OAE)/(šum) i drugih karakteristika u procesu detekcije signala OAE. Osnovna ideja se zasniva na pretpostavci postojanja korelacije i/ili koherence između bioloških signala u levom i desnom uvu, kao i na činjenici da ta pretpostavka može biti osnov za

potiskivanje biološkog šuma u jednom uvu, u kome se meri OAE, koristeći biološki šum iz drugog uva. Sistem koji može ovu ideju da realizuje pretpostavljen je na bazi dvokanalnog adaptivnog filtriranja.

NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

Metodološki postupci u realizaciji ovih istraživanja sadrže:

- Teorijsko razmatranje postupaka merenja OAE na bazi detaljnog uvida u literaturu.
- Formiranje reprezentativnog uzorka ispitanika na kojima će se meriti biološki šumovi i OAE.
- Definisanje i snimanje baza stimulusa koji se odnose na signale bioloških šumova u oba uva i signale OAE.
- Analiza i karakterizacija šumova u ušnim kanalima sa posebnim osvrtom na njihovu međusobnu koleraciju/koherenciju.
- Definisanje i izbor matematičkih algoritama za detekciju signala OAE, odnosno za potiskivanje biološkog šuma u signalu OAE.
- Realizacija hardversko-softverskog okruženja za implementaciju predloženih rešenja.
- Numerički eksperimenti primene predloženih rešenja.
- Simulacija realnih uslova detekcije OAE u biološkom šumu, statistička obrada dobijenih rezultata i procena uspešnosti predloženih postupaka.

OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Na osnovu utvrđenih ciljeva istraživanja očekuje se da iz rada na ovoj temi proisteknu sledeći konkretni rezultati:

- statistička karakterizacija biološkog šuma u slušnim kanalima i njihova statistička međuzavisnost u levom i desnom uvu,
- analiza postojećih višekanalnih metoda obrade signala u primeni kod detekcije signala OAE i formulisanje dvokanalne metode za obradu signala iz levog i desnog uva,
- generisanje novog algoritma za potiskivanje biološkog šuma u signalu impulsno izazvane OAE, njegove optimizacije prema karakteristikama analiziranih akustičkih i bioloških šumova i ostvarenje dobitka u odnosu signal/šum i reproduktivnosti u odnosu na postojeća rešenja,
- analiza primene novog algoritma obrade signala impulsno izazvane OAE, ocene mogućnosti njegove softverske implementacije i inkorporiranja u postojeće sisteme za merenje OAE, kao i efekata u kliničkoj praksi.

PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

Metodologija rada u okviru navedenih istraživanja išla bi u dva pravca. Prvi pravac je eksperimentalna analiza dovoljno velikog broja signala snimljenih u različitim kontrolisanim uslovima postojanja šuma sa i bez merenja OAE sa istim subjektima, i analiza statističkih odstupanja koja se pri tome javljaju. Na osnovu toga bi se mogli kvantifikovati uticaji pojedinih eksperimentalnih uslova na korelisanost šumova u levom i desnom uhu, što je od posebne važnosti kod kvalifikacije i kvantifikacije bioloških šumova. Ovaj deo istraživanja treba da u potpunosti definiše okolnosti u kojima treba da se primene višekanalni metodi obrade signala.

Drugi pravac istraživanja podrazumeva analizu uticaja različitih metoda u višekanalnom potiskivanju šuma na rezultate merenja OAE. Analiza će obuhvatiti adaptivne i neadaptivne metode, kao linearne i nelinearne algoritme, imajući u vidu osnovni kriterijum dobijanja maksimalnog odnosa OAE/šum. Ova analiza treba da dovede do formiranja originalnog algoritma potiskivanja biološkog šuma u akustičkom signalu snimljenom u ušnom kanalu u kome se nalazi i signal OAE.

Plan istraživanja bi se odvijao sledećim redosledom: preliminarno sagledavanje prirode OAE kao i njihovih vrsta, pregled poznatih metoda merenja OAE kao i prikaz sopstvenog rešenja merenja tzv. impulsne OAE, analiza šumova (akustičkih i bioloških) i njihovog uticaja na OAE, analiza

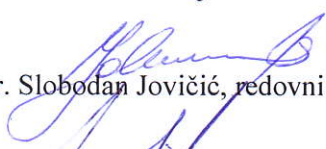
algoritama potiskivanja šumova u signalu OAE, eksperimentalna istraživanja bioloških šumova u ušnom kanalu, razvoj sopstvenog dvokanalnog algoritma na bazi polazne hipoteze postojanja korelacije bioloških šumova u levom i desnom uvu i konačno, testiranje novog algoritma u okvirima koje nameće klinička praksa za testiranje kvaliteta sluha. Upravo ovim redom će biti formulisana i poglavlja u finalnoj verziji doktorata.

ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu izloženog, Komisija konstatuje da kandidat mr Miško Subotić ispunjava sve formalne i suštinske uslove za pristupanje izradi doktorske disertacije, kao i da je predložena tema "Uticaj akustičkog i biološkog šuma na kvalitet merenja signala otoakustičke emisije" naučno aktuelna u domenu detekcije signala otoakustičke emisije. Zato Komisija predlaže Naučno-nastavnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da kandidatu mr Mišku Subotiću odobri izradu doktorske disertacije pod gore navedenim naslovom.

U Beogradu, 20.07.2012. godine

Komisija:


Dr. Slobodan Jovičić, redovni profesor


Dr. Miomir Mijić, vanredni profesor


Dr. Zoran Šarić, viši naučni saradnik
(Centar za unapređenje životnih aktivnosti)