

Preliminarna analiza mogućnosti objektivne ocene kvaliteta sistema za ozvučavanje

Bojan Bilan, Energoprojekt Entel a.d.

Apstrakt — U ovom radu su prikazani rezultati analize mogućnosti objektivne ocene kvaliteta sistema za ozvučavanje. Analiza je zasnovana na merenju uticaja koji jedan takav sistem ima na dinamičke osobine reprodukovanih signala. U literaturi se mogu naći podaci o dinamičkim osobinama muzičkih signala različitih žanrova, gde je pokazano da razlike u muzičkim stilovima rezultuju različitim statističkim parametrima (funkcija raspodele amplituda, dinamički opseg i dr.). Za potrebe ovog rada urađen je eksperiment u kome su test signali propušteni kroz različite sisteme za ozvučavanje sa ciljem da se na osnovu promena njihovih dinamičkih parametara dođe do određenih zaključaka koji bi poslužili za karakterizaciju tih sistema. Dobijeni rezultati su diskutovani sa stanovišta eventualnog kvantifikovanja razlika u kvalitetu sistema za ozvučavanje.

Cljučne reči — Ozvučavanje, audio signal, dinamika signala

I. UVOD

Sistemi za ozvučavanje se sreću u najrazličitijim sredinama i okolnostima, od poslovnih zgrada i ugostiteljskih objekata do velikih muzičkih koncerata. Među njima su svakako najzanimljiviji sistemi za ozvučavanje većih auditorijuma, a posebno kada se pomoću njih reprodukuje muzika. Tada se u pogledu kvaliteta njihove reprodukcije zvuka postavljaju najviši zahtevi. Taj kvalitet postaje sastavni deo opšteg utiska koji slušaoci dobijaju na koncertima.

Kvalitet audio sistema uopšte, pa i sistema za ozvučavanje, predstavlja višedimenzionalan pojam. Standardni indikator kvaliteta je amplitudska frekvencijska karakteristika. Međutim takva karakteristika nije dovoljan izvor podataka da bi se objasnile sve razlike u kvalitetu reprodukovano zvuka koje se mogu primetiti pri slušanju. S druge strane, postoji potreba da se na neki način kvantifikuje kvalitet sistema za ozvučavanje radi njihovog poređenja i ocene primenljivosti. Zbog toga je traganje za parametrima kojima se može kvantifikovati rad ovih sistema otvorena tema. Jedan od njih je svakako dinamički opseg.

Poznavanje dinamičkih osobina audio signala je od velike važnosti u audio tehnologiji. Kompleksna diskusija o dinamici audio signala i njenom značaju u prenosu i reprodukciji predstavljeni su u literaturi [1, 2]. Dinamika audio signala se sagledava iz kumulativne funkcije statističke raspodele amplituda. Ta funkcija pokazuje procentualnu pripadnost vrednosti amplituda određenom opsegu vrednosti. Iz takve funkcije određuju se kvantile kao jednobrojni parametri kojima se izražava dinamika signala. Kvantili su nivoi signala premašeni u $N\%$ vremena (LN), gde je N obično 5, 10, 50, 90 ili 95, a može da bude i bilo koji ceo broj od 1 do 99.

U literaturi je pokazano da na razlike u dinamičkim osobinama audio signala utiču tempo muzike, osobine korišćenih izvora zvuka i način korišćenja procesora u produkciji i postprodukciji [1]. Koristeći sličnu metodologiju u ovom radu ispitan je uticaj sistema za reprodukciju zvuka različitog kvaliteta na promene u dinamici audio signala. Prezentovani rezultati diskutovani su s ciljem da se izvrši analiza mogućnosti objektivne ocene sistema za ozvučavanje. U sledećem poglavlju detaljnije je objašnjena postavka eksperimenta i korišćena metodologija.

II. EKSPERIMENT I METODOLOGIJA

Eksperiment je realizovan tako što su odabrani test signali reprodukovani na različitim sistemima za ozvučavanje i na različitim i lokacijama. Za te namene u eksperimentu su pripremljeni signali za testiranje. To su bili pet odabranih kratkih muzičkih inserata čije je trajanje u intervalu od 7 s do 28 s. Signali su odabrani iz veće baze signala koja je namenjena testiranju raznih procesora i koderana. To su:

- jedna kratka tema koju je odsvirao solo klarinet,
- roze šum filtriran u terci na 1000 Hz,
- jedan insert iz savremenog muzičkog dela,
- kratak segment muziciranja malog džez sastava i
- jedan kratak muzički motiv koji je otpevao mali vokalni sastav.

Signali su snimljeni u studijskim uslovima (anehoično) u wav formatu sa frekvencijom odabiranja 44.100 Hz i rezolucijom 16 bita.

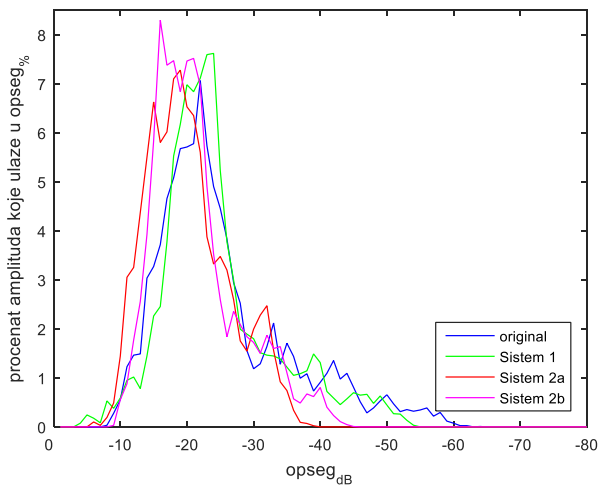
U eksperimentu su test signali reprodukovani preko dva veoma različita sistema za ozvučavanje. Na raspolaganju bilo je dve lokacije za eksperiment sa različitom opremom za ozvučavanje i različitim uslovima. Pod tim se podrazumevaju različiti pojačavački i zvučnički sistemi, različite zapremine prostorija u kojima je snimano i njihova zvučna izolacija od okoline, različiti nivoi i vrste ambijentalne buke koja je bila prisutna za vreme eksperimenta. Lokacije su birane s ciljem da se pokriju što raznovrsnije okolnosti koje utiču na zvučni signal na mestu slušanja.

U eksperimentu su korišćene sledeće lokacije i zvučnički sistemi:

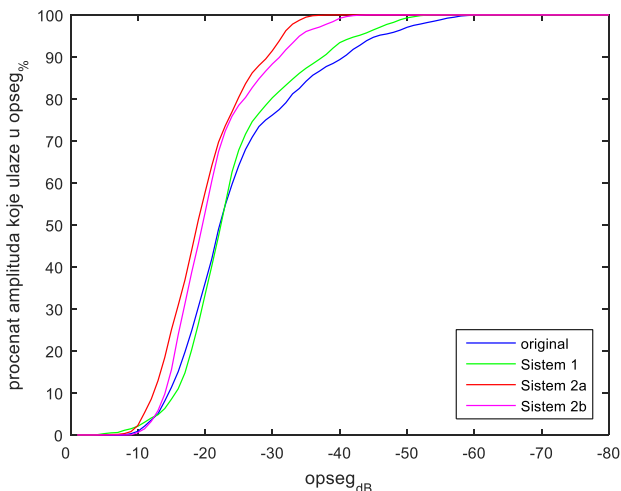
- Sistem 1 – komercijalni zvučnik firme Martin Wisman tip ART500, nominalne snage 350W sa odgovarajućim pojačavačem u akustički obrađenoj prostoriji Laboratorije za akustiku ETF.
- Sistem 2 – sistem za ozvučavanje u koncertnom prostoru „Mixer House“ u Beogradu koji se sastoji od dva sabvufera firme JBL tip SRX828SP i dva seta satelita firme JBL tip VRX932LAP sa odgovarajućim pojačavačkim sistemom. Specifikacije zvučnika mogu se pronaći na internet sajtu proizvođača.

Reprodukovani signal je sniman u centralnom delu zone koju pokrivaju analizirani sistemi za ozvučavanje. Za snimanje je korišćen standardni merni mikروفon. Signal je sniman u wav formatu sa frekvencijom odabiranja 44.100 Hz i sa rezolucijom 24 bita. Ovakva rezolucija je omogućila lakše podešavanje nivoa pri snimanju bez eventualnog klipovanja.

Na početku procesa analize svi signali, uključujući i originalne snimke iz baze, normalizovani su na -6 dBFS kako bi se sprečila eventualna pojava klipovanja u narednim fazama analize. Zatim su signali filtrirani po oktavnim opsezima. Tako dobijeni signali su ponovo normalizovani, u ovom slučaju na 0 dBFS. Originalni signali korišćeni u analizi bili su sa rezolucijom 16 bita, dok su snimci signala iz sistema za ozvučavanje snimljeni sa rezolucijom 24 bita. Pre dalje obrade snimljeni signali po oktavama su nakon normalizacije konvertovani na rezoluciju 16 bita kako bi kriterijum za poređenje sa originalnim signalima bio merodavan.



Sl. 1. Funkcije raspodele amplituda efektivnih vrednosti originalnih test signala i snimaka koji sadrže kratak segment muziciranja malog džez sastava u oktavnom opsegu na 1000 Hz.



Sl. 2. Kumulativne funkcije raspodele amplituda efektivnih vrednosti originalnih test signala i snimaka koji sadrže kratak segment muziciranja malog džez sastava u oktavnom opsegu na 1000 Hz.

Sledeći korak u analizi bilo je određivanje efektivne vrednosti signala sa periodom usrednjavanja 10 ms i koeficijentom preklapanja vremenskog prozora 0.9. Sve vrednosti amplituda manjih od -80 dBFS izjednačene su sa -80 dB i tako dobijen signal je statistički analiziran. Raspodela nivoa signala sa integraljenjem 10 ms određena je u koracima od 1 dB u rasponu od -80 dB do 0 dB. Iz tako dobijenih funkcija raspodela određene su odgovarajuće kumulativne funkcije raspodela. Kao primer rezultata koji se dobija takvom analizom na slici 1 prikazan je dijagram raspodela za jedan od korišćenih test signala za različite lokacije snimanja. Odgovarajuće kumulativne funkcije raspodele prikazane su na slici 2.

U daljoj analizi iz kumulativnih funkcija raspodela određeni su parametri L1, L10, L50, L95 i L99 u svim oktavnim opsezima. Dobijene vrednosti su prikazane u tabeli I. Sistemi koji su na ovaj način ispitivani obeleženi su Sistem 1 i Sistem 2 na dva načina:

- Sistem 2a – sistem za ozvučavanje u koncertnom prostoru Mixer House, reprodukcija preko samo jednog kanala,
- Sistem 2b – sistem za ozvučavanje u koncertnom prostoru Mixer House, reprodukcija preko oba kanala.

U tabeli II prikazane su razlike između parametara L99-L1 koje predstavljaju dinamičke ospege originalnog signala i snimaka u odabranim oktavnim opsezima.

TABELA I
L - PARAMETRI

Oktave	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Originalni signal			
L_1	-8 dB	-10 dB	-14 dB
L_10	-14 dB	-15 dB	-20 dB
L_50	-24 dB	-22 dB	-28 dB
L_95	-45 dB	-46 dB	-50 dB
L_99	-53 dB	-55 dB	-59 dB
Sistem 1			
L_1	-8 dB	-8 dB	-11 dB
L_10	-12 dB	-16 dB	-15 dB
L_50	-23 dB	-22 dB	-23 dB
L_95	-43 dB	-43 dB	-41 dB
L_99	-49 dB	-49 dB	-48 dB
Sistem 2a			
L_1	-7 dB	-9 dB	-12 dB
L_10	-10 dB	-12 dB	-16 dB
L_50	-17 dB	-19 dB	-23 dB
L_95	-27 dB	-31 dB	-33 dB
L_99	-32 dB	-34 dB	-36 dB
Sistem 2b			
L_1	-8 dB	-10 dB	-13 dB
L_10	-14 dB	-14 dB	-18 dB
L_50	-21 dB	-20 dB	-26 dB
L_95	-35 dB	-34 dB	-38 dB
L_99	-40 dB	-40 dB	-43 dB

TABELA II
DINAMIČKI OPSEZI

Oktave	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Originalni signal			
L ₁ -L ₉₉	45 dB	45 dB	45 dB
Sistem 1			
L ₁ -L ₉₉	41 dB	41 dB	37 dB
Sistem 2a			
L ₁ -L ₉₉	25 dB	25 dB	24 dB
Sistem 2b			
L ₁ -L ₉₉	32 dB	30 dB	30 dB

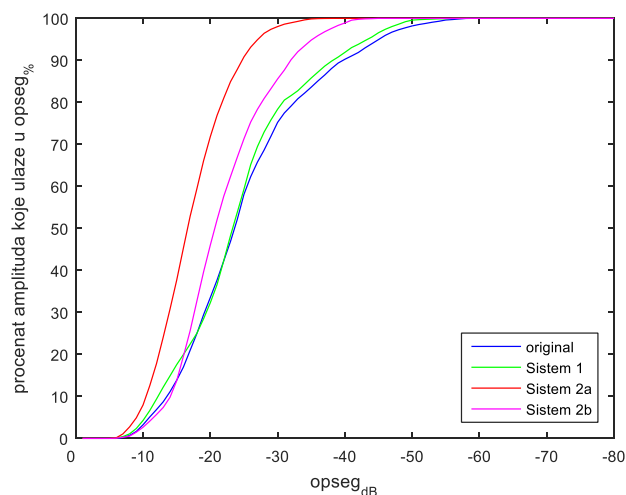
III. REZULTATI I DISKUSIJA

Posmatranjem dobijenih rezultata za sve test signale može se primetiti da postoji razlika u dinamičkim karakteristikama između snimaka i originalnih test signala. Dinamičke karakteristike se menjaju u zavisnosti od lokacije snimanja i sistema za ozvučavanje sa kojima su snimci napravljeni, tako da komentarisanjem primera prikazanog u prethodnom poglavlju može se doći do zaključaka koji su zajednički za skoro sve test signale koji su korišćeni u eksperimentu. Ako se kao kriterijum za poređenje posmatra dinamički opseg, najveći imaju snimci napravljeni u Laboratoriji za akustiku ETF (Tabela II). S obzirom da je prostorija u kojoj je snimano malih dimenzija i akustički obrađena, prostorni uticaj bio je minimalan. Nivo prisutne ambijentalne buke bio je nizak. Korišćeni sistem za ozvučavanje koji se sastojao od jedne zvučnice kutije visoke snage priključene na odgovarajući pojačavački sistem imao je najveći uticaj na smanjenje dinamike, što u odnosu na originalni snimak iznosi 4 dB za oktavne opsege oko 500 Hz i 1000 Hz i 8 dB za oktavni opseg oko 2000 Hz.

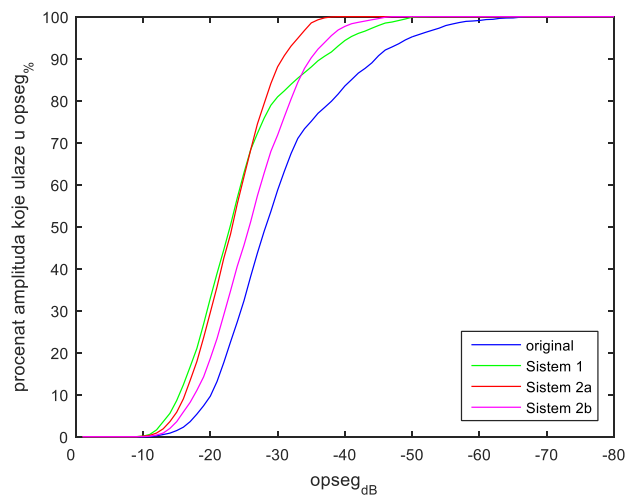
Manji dinamički opseg imaju snimci napravljeni u prostoru Mixer House. Prostorija nije akustički obrađena, ima velike dimenzije i u njoj je izraženo prisustvo raznovrsne ambijentalne buke. Sistem za ozvučavanje bio je koncertno ozvučenje snage reda nekoliko hiljada vati. U slučaju kada su pri snimanju bila aktivna oba kanala ozvučenja (stereo) dinamički opseg se smanjio za 13 dB u oktavi na 500 Hz i 15 dB u oktavama na 1000 Hz i 2000 Hz. U slučaju kada je pri snimanju bio aktivan samo jedan kanal smanjenje dinamičkog opsega iznosi 20 dB za oktave na 500 Hz i 1000 Hz i 21 dB za oktavu na 2000 Hz. Uočljivo je da je situacija kada su aktivna oba kanala ozvučenja znatno bolja u odnosu na situaciju kada je aktivan samo jedan kanal ozvučenja i da ta razlika iznosi od 5 dB do 7 dB, što kvantifikuje uticaj snage sistema za ozvučavanje i rasporeda ozvučenja. Ako uzmemo u razmatranje situaciju u prostoru Mikser House kada su aktivna oba kanala ozvučenja kao reprezentativnu za poređenje sa prethodnim ispitivanim sistemom, može se primetiti da razlika u odnosu na vrednosti dobijene u Laboratoriji za akustiku iznosi od 7 dB do 11 dB što kvantifikuje uticaj ambijentalne buke i akustike prostora koji su u ovom slučaju bili dominantno izraženi.

Trend opadanja dinamike signala može se zapaziti i na slici 2. Plava kriva koja predstavlja kumulativnu funkciju raspodele amplituda originalnog signala najsprije dostiže

vrednost blisku 100%, što znači da ovaj signal ima najveći dinamički opseg. Kriva ucrtana zelenom bojom predstavlja kumulativnu funkciju raspodele amplituda snimka iz sistema i bliska je plavoj, dok se za ostale dve krive koje se odnose na sisteme 2a i 2b primećuje da se znatno ranije približavaju vrednosti od 100%, što se moglo videti i u tabeli I. Na slikama 3 i 4 prikazani su grafici kumulativnih funkcija u oktavnim opsezima na 500 Hz i 2000 Hz za primer iz prethodnog poglavlja. Sa prikazanih slika se vidi da se trend ponavlja u svim oktavnim opsezima u kojima su vršena ispitivanja.



Sl. 3. Kumulativne funkcije raspodele amplituda efektivnih vrednosti originalnih test signala i snimaka koji sadrže kratak segment muziciranja malog džez sastava u oktavnim opsezima na 500 Hz.



Sl. 4. Kumulativne funkcije raspodele amplituda efektivnih vrednosti originalnih test signala i snimaka koji sadrže kratak segment muziciranja malog džez sastava u oktavnim opsezima na 2000 Hz.

Pri prikupljanju podataka javljali su se problemi koje je bilo neophodno uočiti i otkloniti kako ne bi uticali na rezultate. Problem klipovanja signala usled filtriranja objašnjen je u prethodnom poglavlju, kao i metoda kojom je smanjen uticaj kvantizacionog šuma. Snimke koji su napravljeni bilo je potrebno trimovati u skladu sa početkom i trajanjem originalnih test signala kako bi kriterijum za poređenje bio precizno definisan. Pojedini test signali nisu bili podobni za ovakvu vrstu analize zbog malog

dinamičkog opsega sa kojim raspolažu, kao na primer roze šum filtriran u terci na 1000 Hz.

IV. ZAKLJUČAK

Eksperiment je pokazao da se propuštanjem signala kroz realan sistem za ozvučavanje smanjuje njegov dinamički opseg i da je mera tog smanjenja u direktnoj zavisnosti od osobina samog sistema za ozvučavanje i ostalih faktora (akustika prostorija, prisustvo ambijentalne buke). Primenjena metoda oslikava dinamički opseg koji percipira slušalac u auditorijumu. Primenjenom metodologijom moguće je kvantifikovati njihove uticaje što je i bio cilj sprovedenih eksperimenata.

Primer načina formiranja objektivnih ocena za ispitivane sisteme prikazan je u tabeli IV, za slučaj odabranog test signala. Ocene su formirane kao količnici dinamičkih opsega uzorka snimaka i dinamičkog opsega originalnog snimka u oktavnim opsezima od značaja. Iz razloga što nije obrađena veća količina podataka analiza izvršena u okviru ovog rada je preliminarana.

U daljem istraživanju planirano je prikupljanje većeg broja uzorka snimaka i korišćenje više različitih sistema za ozvučavanje u cilju temeljnijeg ispitivanja prikazanih metoda. Eksperimentom je potvrđeno da je analizom promena koje nastaju u signalu moguće doći do numeričkog parametra koji bi objektivno oslikavao kvalitet sistema za ozvučavanje, što bi predstavljalo elegantan način da ovakvi sistemi opišu.

TABELA IV

OBJEKTIVNE OCENE U VIDU KOLIČNIKA DINAMIČKOG OPSEGA TEST SIGNALA I DINAMIČKIH OPSEGA NAPRAVLJENIH SNIMAKA PONAOSOB

Oktave	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Sistem 1	0,91	0,91	0,82
Sistem 2b	0,71	0,67	0,67
Sistem 2a	0,56	0,56	0,53

ZAHVALNICA

Zahvaljujem se kolegama iz Laboratorije za akustiku ETF, posebno profesoru Miomiru Mijiću na podršci pruženoj u izradi rada i Ivani Ristanović na pomoći u sređivanju teksta. Zahvaljujem se preduzeću Energoprojekt Entel a.d. na podršci za učestvovanje na ovogodišnjoj konferenciji.

LITERATURA

- [1] N. Thiele, "Some Thoughts on the Dynamics of Reproduced Sound," *Journal of AES*, vol. 53, no. 1/2, pp. 130-132, 2005.
- [2] M. Mijić, D. Mašović, M. Petrović, D. Šumarac-Pavlović, "Statistical properties of Music Signals," AES Convention, Munich, Germany, May 7-10, 2009, Convention Paper 7702, pp. 1-10

ABSTRACT

This paper contains preliminary analysis of the possibilities of objective quality assessment for sound reinforcement with the idea to determine the influence of such system to the dynamic properties of reproducing audio signals. In literature, there can be found data about the dynamic properties of music signals by different genres. It is shown that differences in music styles result in different dynamic properties (level distribution function, dynamic range etc.). For the needs of this work an experiment is executed in which determined test signals were passed through the different sound systems with the goal that on the base of changes in their dynamic parameters we came to a conclusion which would serve for characterization of sound reproduction systems. Gathered results were discussed from the point of eventual quantification of differences in quality between the sound reproduction systems.

Preliminary Analysis of The Possibilities of Objective Quality Assessment for Sound Reinforcement Systems

Bojan Bilen