

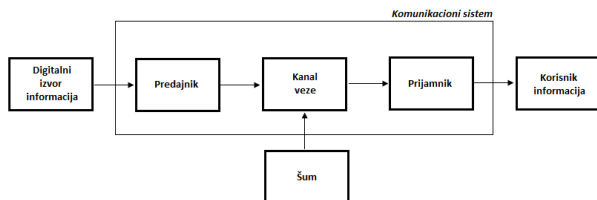
REALIZACIJA ADAPTIVNIH ALGORITAMA PRIMENOM NI LABVIEW ADAPTIVE FILTER TOOLKIT-A

Đorđe Damnjanović, Tehnički fakultet Čačak, fic177@hotmail.com
Radojka Krneta, Tehnički fakultet Čačak, rkrneta@gmail.com
Marina Đoković, Tehnički fakultet Čačak, marina_djokovic87@yahoo.com
Miodrag Ristivojević, student, Tehnički fakultet Čačak, mickeypoker@gmail.com

Sadržaj – U ovom radu prezentovane su realizacije adaptivnih algoritama primenom „National Instruments Adaptive filter toolkit-a“ koje se mogu koristiti u nastavi naprednih tehnika za obradu signala u cilju boljeg razumevanja stečenih teorijskih znanja iz oblasti adaptivnog filtriranja. Korišćenjem ovog toolkit-a koji je sastavni deo softverskog paketa LabVIEW, realizovane su filterske aplikacije za poništavanje šuma primenom LMS algoritma, identifikovanje nepoznatog sistema i potiskivanje eha iz signala.

1. UVOD

Termin adaptivni filter ili estimator je često upotrebljivan termin koji ukazuje na sistem koji je konstruisan tako da izvuče korisni signal iz zašumljenog signala ili nepoznatog sistema. Adaptivni filtri nalaze veliku primenu u različitim oblastima: komunikacijama, biomedicinskom inženjeringu, oblasti radara i sonora, navigacije, seizmologije i u mnogim drugim oblastima [3]. Na primer, u klasičnom digitalnom komunikacionom sistemu (Sl. 1.) koje se sastoji od digitalnog izvora informacija, predajnika, kanala veze, prijemnika i korisnika informacija, veliki je uticaj šuma na kanalu veze, ali i na izlazu svakog bloka sistema [3], pa se u ovakvom sistemu nameće upotreba adaptivnog filtra za poništavanje šuma.



Sl. 1. Blok dijagram digitalnog komunikacionog sistema [3]

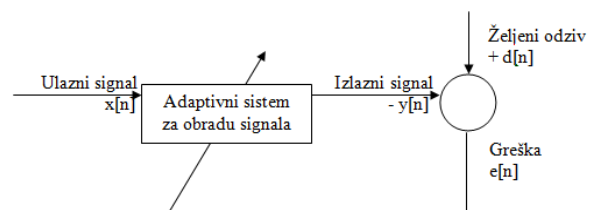
Adaptivni sistemi za obradu signala pripadaju klasi linearnih nestacionarnih (dinamičkih) sistema. Kod ovih sistema se koeficijenti funkcije prenosa menjaju u vremenu u zavisnosti od ulaznog signala. Ovaj proces promene koeficijenata se naziva proces adaptacije. Cilj adaptacije je da se karakteristike sistema, u interakciji sa okruženjem, prilagođavaju željenim karakteristikama [1].

Rad adaptivnih sistema se zasniva na proceni (estimaciji) statističkih osobina signala, pri čemu se parametri adaptivnog sistema menjaju u cilju minimizacije određene kriterijumske funkcije [1].

Adaptivne tehnike obrade signala su danas široko zastupljene u raznim primenama. Jedna od najvažnijih primena adaptivne obrade signala je adaptivna predikcija, koja se koristi u obradi govora i slike, proceni spektra, eliminaciji šuma, itd. Osnovni cilj adaptivne predikcije jeste predviđanje budućih vrednosti signala na osnovu prethodnih

vrednosti signala, pri čemu se teži da greška predikcije bude minimalna [1]. Druga važna primena je adaptivno modelovanje sistema koje se koristi u procesu modelovanja sistema digitalnog upravljanja, analizi govora, ekvilizaciji telekomunikacionih signala, geofizici, ali i u biološkim i društvenim naukama, itd. Treća važna primena adaptivne obrade signala predstavlja adaptivno poništavanje interferencije. Adaptivno poništavanje interferencije je, zapravo, adaptivno poništavanje šuma, odnosno predviđanje pojave i intenziteta šuma, da bi se stvorio inverzni signal koji taj šum poništava, ili projektovanje adaptivnog filtra koji će poništiti delovanje tog šuma [1]. Četvrta važna primena je suzbijanje ili eliminacija šumova iz signala dobijenih iz više senzora ili usmeravanju signala dobijenog iz više izvora zračenja. Kod ove metode se senzori ili izvori zračenja nalaze u pravilnom geometrijskom poretku, pa se ova metoda naziva adaptivna obrada polja [1].

Osnovna struktura adaptivnog sistema za obradu signala je prikazana na slici 2.



Sl. 2. Osnovna struktura adaptivnog sistema za obradu signala [1]

Na prikazanoj strukturi odmerci ulaznog signala $x[n]$ ulaze u adaptivni sistem i daju izlaznu sekvencu $y[n]$. Dobijeni izlazni signal se poredi sa željenim izlaznim signalom $d[n]$ i formira signal greške $e[n]$.

2. NI LABVIEW ADAPTIVE FILTER TOOLKIT

Učenje osnovnih teorijskih koncepta analize i sinteze signala i sistema je po pravilu teško za studente inženjerskih studija. Ova poteškoća je rezultat jaza koji postoji između razumevanja matematičkih formalizma tih konceptata i sposobnosti studenata da te teorijske koncepte povežu sa praktičnim inženjerskim aplikacijama. U cilju rešavanja ovog problema mnogi "recepti" sugerišu "vizuelizaciju" teorije digitalne obrade signala [5].

MATLAB softverski paket je odavno postao standardni i nezaobilazni način "vizuelizacije" DSP (Digital signal processing) teorije. Međutim, gotovo sve što se može uraditi sa Matlab baziranim DSP "virtuelnim eksperimentima", na jednostavniji način, bez pisanja linija programskog koda, može se uraditi i korišćenjem softverskog paketa LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) [5].

NI LabVIEW adaptive filter toolkit je alat koji u mnogome pomaže pri dizajniranju, analizi i simulaciji adaptivnih filtara. Sa velikim uspehom uz pomoć ovog alata moguće je kreirati adaptivne filtre sa različitim adaptivnim algoritimima, kao što su Algoritam srednje–kvadratnih vrednosti (LMS – *Least Mean Square*) i Rekurzivni algoritam najmanjih kvadrata (RLS – *Recursive Least Square*). Tako kreirana aplikacija, tj. adaptivni filtar, se može upotrebiti u kreiranju drugih aplikacija koje će vršiti adaptivno poništavanje šuma, filtriranje eha, indentifikovanje nepoznatog sistema, itd. [2].

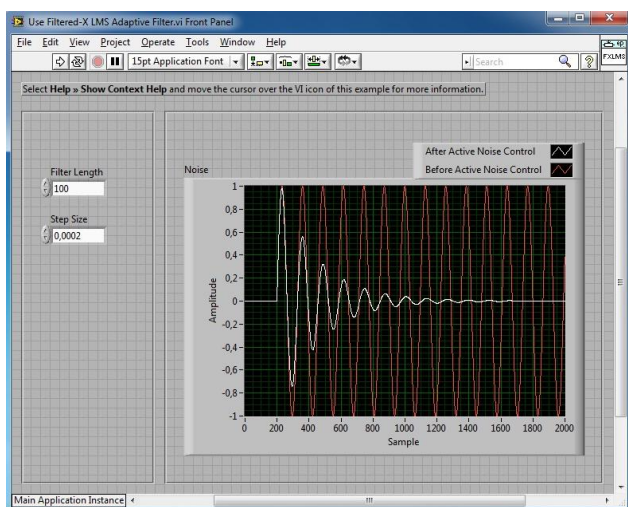
Ceo toolkit u svojoj biblioteci sadrži više od 20 paleta virtuelne instrumentacije (VIs) pomoću kojih se za veoma kratko vreme može kreirati određena adaptivna aplikacija. U celoj biblioteci se nalazi oko 15 paleta koje su edukativnog karaktera i služe da korisniku na osnovnim primerima pokažu osnovne koncepte adaptivnog filtriranja. Takođe, postoje osnovne aplikacije koje se koriste kako bi korisnik lakše realizovao neke složenije aplikacije. Takođe, mnoge aplikacije je moguće realizovati i hardverski, na primer, uz pomoć NI CompactRIO platforme [2].

3. PRIMERI APLIKACIJA SA ADAPTIVNIM FILTRIMA REALIZOVANIM U NI ADAPTIVE FILTER TOOLKIT-U

Primena adaptivnih filtara za poništavanje signala šuma, za indentifikovanje nepoznatog sistema ili za potiskivanje eha iz signala su često realizovane aplikacije u inženjerskoj praksi. Iz tog razloga su ovi primeri primene adaptivnih filtara predmet izučavanja u okviru različitih studijskih kurseva digitalne obrade signala.

3.1 PONIŠTAVANJE ŠUMA UPOTREBOM LMS ALGORITMA

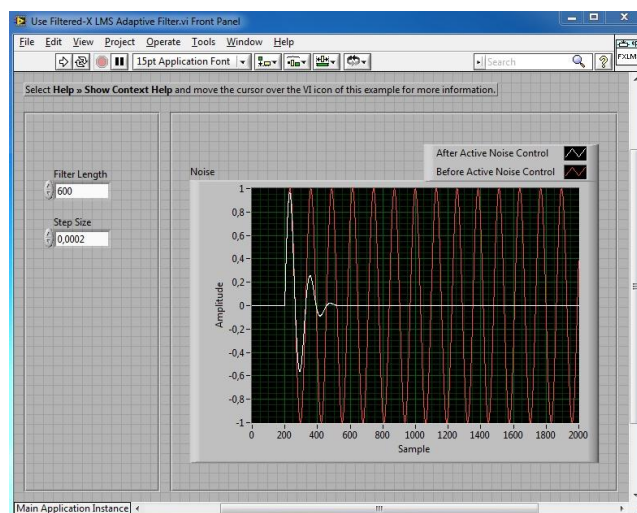
Prvi primer aplikacije koja je upotrebljena iz biblioteke NI LabVIEW Adaptive filter toolkit-a je aplikacija pomoću koje se vrši simulacija otklanjanja šuma korišćenjem adaptivnog filtra. Na slici 3 prikazan je izgled aplikacije. U samoj aplikaciji nije kreiran proces kojim se generiše šum, već se samo definiše red filtra i korak algoritma.



Sl. 3. LabVIEW aplikacija za otklanjanje šuma sa dužinom filtra 100

Na slici 3 nalaze se dva grafika. Prvi grafik (crvene boje) predstavlja signal šuma koji se nalazi u nekom signalu i koga je potrebno filtrirati. Zadavanjem parametara adaptivnog filtra (dužina filtra i korak algoritma) moguće je eliminisati taj šum. Na drugom grafiku (bele boje) je izgled signala šuma posle filtriranja. Očigledno, signala šuma je poništen posle određenog vremena jer njegova vrednost postaje jednaka nuli.

Na slici 4 je prikazana ponovo ista aplikacija, s tim što je dužina filtra povećana sa 100 na 600, čime se, kao što se sa slike vidi, proces eliminacije (filtriranja) šuma ubrzava. U oba slučaja korak algoritma iznosi 0,0002.



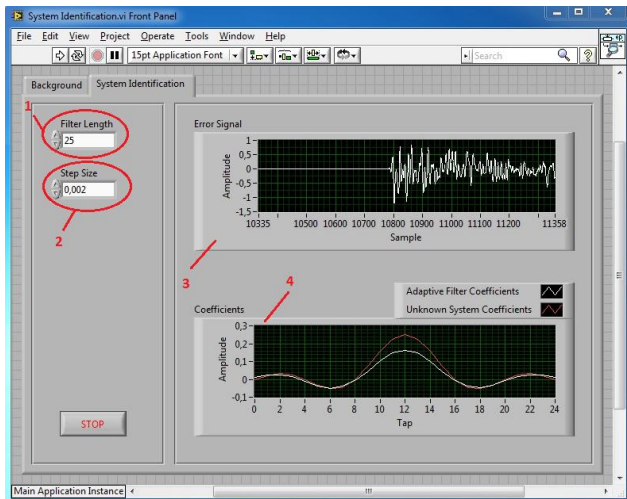
Sl. 4. LabVIEW aplikacija za otklanjanje šuma sa dužinom filtra 600

3.2 INDETIFIKOVANJE NEPOZNATOG SISTEMA

Osnovna ideja adaptivnog filtriranja jeste prilagodjenje filtra promenljivoj okruženju, promenom njegovih parametara, tako da se minimizira neki postavljeni kriterijum [1]. Adaptacijom koeficijenata izlazne sekvence adaptivnog filtra dobiće se model nepoznatog sistema [1]. Drugim rečima, potrebno je razliku izlazne sekvence nepoznatog sistema i izlazne sekvence adaptivnog filtra svesti na nulu.

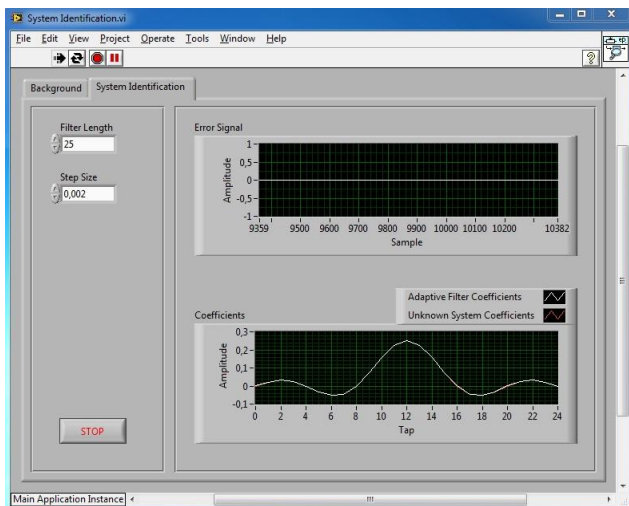
Na slici 5 prikazana je aplikacija za indentifikaciju nepoznatog sistema dobijeno pomoću Adaptive filter toolkit-a. Koeficijenti nepoznatog sistema su implementirani u aplikaciji i kao i u prethodnom primeru potrebno je samo zadati dužinu filtra i korak algoritma. U ovom slučaju dužina filtra je 25, a korak je 0,002 (na slici 5 obeleženi sa 1 i 2, respektivno).

Pokretanjem aplikacije, u delu koji je označen sa 4, pojaviće se dva grafika. Crveni grafik predstavlja koeficijente nepoznatog sistema, dok beli grafik predstavlja koeficijente adaptivnog filtra. U početku ta dva grafika se u mnogome razlikuju, amplituda koeficijenata adaptivnog filtra je manja od amplitude koeficijenata nepoznatog sistema, što se i sa slike 8 može vizuelno i zaključiti. To rezultira time da se javlja određeni signal greške koji je na slici 8 predstavljen u delu koji je obeležen sa 3. Da bi u potpunosti nepoznati sistem bio indentifikovan, potrebno je signal greške svesti na nulu, tj potrebno je da se izjednače grafici u delu označenom sa 4.



Sl. 5. Identifikovanje nepoznatog sistema

Na slici 6 prikazano je kako su se grafici izjednačili posle određenog vremena, dakle, signal greške se sveo na minimum.



Sl. 6. Identifikovanje koeficijenta nepoznatog sistema

Upoređujući signale sa slika 5 i 6 vidi se da se signal greške sveo na minimum, tj. uspešno je izvršena adaptacija koeficijenta adaptivnog filtra.

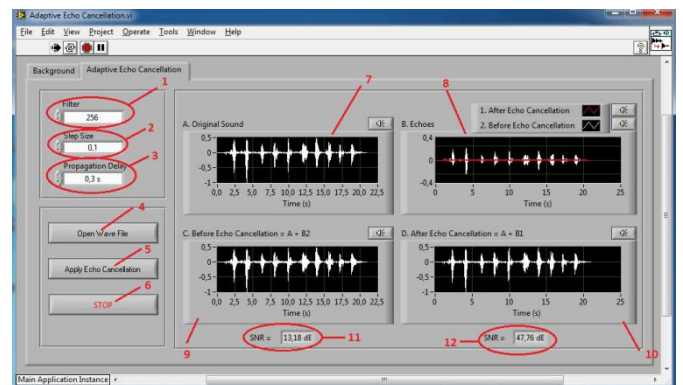
3.3 POTISKIVANJE EHA

Jedna od važnih aplikacija u kojoj se koriste adaptivni filtri je potiskivanje eha. Filtriranje eha je veoma važan proces u telekomunikacijskim sistemima. LabVIEW aplikacija koja je korišćena za simulaciju potiskivanja eha omogućava učitavanje .wma (Windows media audio) fajla, tj. nekog snimljenog zvučnog signala, kreiranje eha na osnovu tog signala, kreiranje novog signala koji u sebi sadrži eho koji je aplikacija već kreirala i na kraju proces filtriranja eha i dobijanja čistog signala.

Na slici 7 prikazan je prozor aplikacije za filtriranje eha. Na slici je obeleženo 11 polja: 1) Zadavanje reda filtra, 2) Korak algoritma, 3) Kašnjenje usled propagacije, 4) Učitavanje fajla, 5) Pokretanje procesa filtriranja eha, 6) Zaustavljanje procesa, 7) Izgled originalnog signala, 8) Izgled signala eha pre i posle filtracije, 9) Izgled originalnog signala kome je pridodat eho, 10) Izgled signala nakon filtriranja, 11)

Odnos signal-šum u signalu koji je prikazan u polju 9, 12) Odnos signal-šum u signalu koji je prikazan u polju 10.

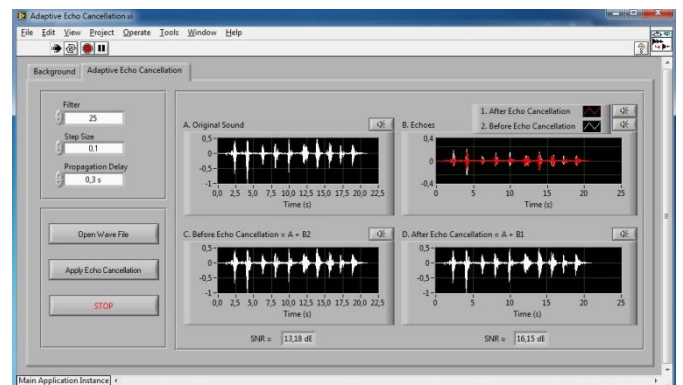
Prvi korak u aplikaciji je zadavanje reda filtra i korak algoritma. Nakon toga se učitava .wma fajl pri čemu sama aplikacija tada određuje eho na osnovu učitanih signala. U ovom slučaju učitani signal nije u sebi imao eho, već je sama aplikacija taj eho kreirala. Nakon toga dolazi do spajanja originalnog signala i signala eha i kao rezultat dobija se signal koji u sebi ima eho i koji je na slici 7 obeležen sa 9. Pokretanjem aplikacije u cilju filtriranja, dobija se signal koji je obeležen sa 10 na slici 7 i koji u sebi sada ne sadrži eho. Sama aplikacija sadrži i opciju (dugme iznad svakog grafika na kome je nacrtan zvučnik) koja omogućava preslušavanje signala, tako da je u svakom trenutku moguće čuti taj zvučni signal.



Sl. 7. Aplikacija za potiskivanje eha

Na slici 7, takođe se nalaze dva manja prozora obeležena sa 11 i 12, u kojima se očitava odnos signal-šum izražen u decibelima. U delu obeleženom sa 11 se nalazi odnos signal-šum kod signala kome je dodat eho, a u delu 12 je odnos signal-šum signala koji je filtriran. Što je ovaj odnos veći, to je uticaj šuma na signal manji, to jest, šum je mali [6]. Kao što se vidi sa slike 7, odnos signal-šum signala koji je filtriran je mnogo veći od odnosa signal-šum signala koji u sebi ima eho. Kada se govori o šumu u ovom slučaju, misli se na eho.

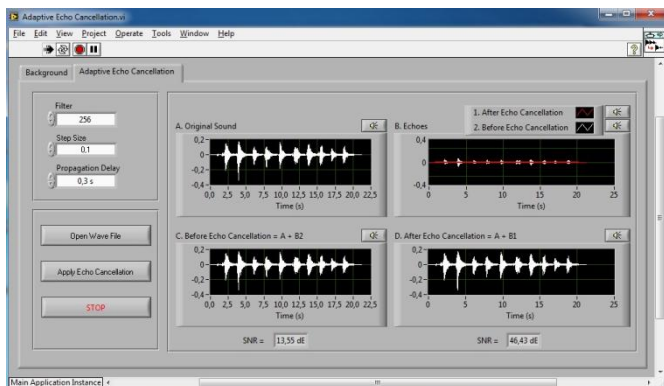
Za slučaj prikazan na Sl. 8 red korišćenog filtra sada znatno manji nego što je to bilo u prvom slučaju (Sl. 7). U prvom slučaju red filtra je 256, a u drugom slučaju, na slici 8, red filtra je 25. To se odražava na filtrirani signal tako što je eho i nakon filtriranja ostao (slabiji nego pre filtriranja ali i ga ipak ima), tj. filtrirani signal i dalje ima šum u vidu eha.



Sl. 8. Potiskivanje eha sa malim redom filtra

U poslednjem slučaju učitavan je signal koji je u sebi već imao neki početni eho pa se kroz aplikaciju na takav signal

dodaje još neki eho (Sl. 9.). Proces fitriranja dodatnog eha je uspješno obavljen, s tim što se na izlazu dobijen signal kao na ulazu sestema, sa svojim početnim ehom. Ceo postupak je prikazan na slici 9.



Sl. 9. Potiskivanje eha kada je učitana signal koji sadrži neki mali eho

4. ZAKLJUČAK

Vizuelizacija teorijskih koncepata i tehnika adaptivnog filtriranja je veoma važan faktor u obrazovanju inženjera elektrotehnike. Programski paket LabVIEW je moćni alat uz pomoć koga je takva vizuelizacija ostvarljiva. Rad na LabVIEW-u inženjere osposobljava da bolje razumeju i nauče teorijske koncepte i kasnije ih uspješno primenjuju u inženjerskoj praksi. U radu su, radi ilustracije, prikazane samo neke od paleta Adaptive filter toolkit-a. Postoji još mnogo gotovih paleta koje je moguće iskoristiti kao takve, ili i ih modifikovati radi kreiranja drugih. Takođe je moguće sve palete realizovati hardverski uz pomoć neke od mnogobrojnih NI platformi. NI CompactRIO platforma je samo jedna u nizu platformi uz pomoć koje se hardverski mogu realizovati adaptivni filtri, čime bi se ceo postupak vuzuelizacije upotpunio. LabVIEW softverski paket u sebi sadrži mnogobrojne toolkit-ove, ne samo za adaptivno filtriranje, koji omogućavaju realizovanje raznih DSP matematičkih algoritama kao što su DFT i FFT transformacije, spektralna analiza, projektovanje analognih i digitalnih FIR i IIR filtara, itd. Sve primere vizuelizacije koncepata adaptivnog filtriranja moguće je realizovati i u programskom paketu MATLAB i onda vršiti poređenja i analize rezultata dobijenih pomoću ova dva programska paketa.

LITERATURA

- [1] Radojka Krneta, Žarko Čučej, Milan Baltić, "Napredne tehnike za obradu signala", Tehnički fakultet Čačak, 2010.
- [2] http://www.ni.com/pdf/products/us/cat_adaptivefiltertoolkit.pdf
- [3] "Adaptive filter theory", Simon Haykin, fourth edition, Communications Research Laboratory McMaster University Hamilton, Ontario, Canada.
- [4] Radojka Krneta, Marko Acović, Adam Dostanić, "Signali i sistemi sa MATLAB primerima", Tehnički fakultet Čačak, 2007.
- [5] Damjanović Đorđe, Krneta Radojka, LabVIEW bazirano laboratorijsko okruženje za učenje koncepata filtriranja, 18. TELEKOMUNIKACIONI FORUM TELFOR 2010, CD Zbornik radova, str. 650 - 653, ISBN 978-86-7466-392-9, 23 -25. Novembar 2010., Beograd.
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Signal-to-noise_ratio
- [7] Alenka Milovanović Miroslav Bjekić, Branko Koprivica, "Virtuelna instrumentacija", Tehnički fakultet Čačak, 2010.

Abstract – This paper presents the implementation of adaptive algorithms using The National Instruments Adaptive filter toolkit that can be used in teaching advanced techniques for signal processing in order to understand the acquired theoretical knowledge in the field of adaptive filtering. Using this toolkit, which is an integral part of the software LabVIEW, we carried out filter applications for noise cancellation using the LMS algorithm, the identification of unknown system and the echo cancellation.

REALIZATION OF ADAPTIVE ALGORITHM WITH NI ADAPTIVE FILTER TOOLKIT

Đorđe Damjanović, Radojka Krneta, Marina Đoković, Miodrag Ristivojević