

## OPTIMIZACIJA STACIONARNIH KARAKTERISTIKA MERAČA SREDNJEG ODBROJA PRIMENOM ADAPTIVNE DIGITALNE OBRADJE SIGNALA

Aleksandar Žigić, Vojislav Arandjelović, Djordje Šaponjić, Ivana Veselinović  
Institut za nuklearne nauke "VINČA"

**Sadržaj** – *Primenom adaptivne digitalne obrade signala razvijena je metoda za poboljšanje stacionarnih karakteristika klasičnog merača srednjeg odbroja baziranog na algoritmu predodređenog vremena. U okviru metode realizovan je optimizovan algoritam za detekciju promene srednjeg odbroja, 3 adaptivna nisko-propusna filtra za kontrolu greške srednjeg odbroja i adaptivni algoritam za izračunavanje predodređenog vremena koji se izvršava posle nisko-frekventnog filtriranja. Realizovana metoda omogućava kontrolu greške u opsegu od 4% do 10%, kao i da vreme odziva merača srednjeg odbroja na promenu srednjeg odbroja ne bude duže od dva intervala predodređenog vremena.*

### 1. UVOD

Fluktuacije signala na izlazu iz detektora radijacije se javljaju usled slučajnih varijacija dužine intervala između uzastopnih ulaznih impulsa, čak i u stacionarnom režimu [1], bez obzira da li se radi o analognim ili digitalnim meračima srednjeg odbroja, odnosno primenjenom mernom algoritmu predodređenog vremena ili predodređenog odbroja. Detaljna analiza karakteristika algoritma predodređenog odbroja je data u [2], novi algoritam za potiskivanje fluktuacija srednjeg odbroja u [3] i njegova primena u praksi u [4, 5]. Odgovarajuća analiza algoritma predodređenog vremena je data u [6,7]. Iako su neki algoritmi za digitalne merače srednjeg odbroja već poznati [8], nije bilo pokušaja da se primene određene metode adaptivne digitalne obrade signala u analizi i projektovanju digitalnih merača srednjeg odbroja.

U ovom radu je prikazana jedna moguća primena adaptivne obrade signala [9,10] u realizaciji digitalnih merača srednjeg odbroja. Realizovana metoda koristi: optimizovani algoritam za detekciju promene srednjeg odbroja, 3 adaptivna filtra propusnika niskih učestanosti koji omogućavaju kontrolu greške izračunatog srednjeg odbroja podešljivim potiskivanjem fluktuacija srednjeg odbroja, kao i optimizovani algoritam za adaptivnu promenu predodređenog vremena u skladu sa trenutnom vrednosti srednjeg odbroja. Adaptivni algoritam se izvršava posle nisko-frekventnog filtriranja i njegova svrha je da omogući kraća predodređena vremena kod većih srednjih odbroja, kad veći srednji odbroji u stacionarnom režimu zahtevaju brža očitavanja.

### 2. OPIS PROBLEMA

Pojavljivanje impulsa na izlazu iz brojačkih detektora jonizujućeg zračenja, kao što to GM brojači, predstavlja slučajan proces. Funkcija raspodele vremenskih intervala između uzastopnih impulsa je data sa [1]:

$$I(r) = r \cdot e^{-r \cdot t} \quad (1)$$

gde su:  $r$  srednji odbroj,  $t$  vremenski interval i  $I(t)$  funkcija raspodele. Kod merača srednjeg odbroja koji rade na principu predodređenog vremena permanentno se izračunava srednji broj impulsa u intervalu predodređenog vremena da bi se dobio srednji odbroj. Fluktuacije srednjeg odbroja takodje formiraju slučajan proces. Potrebno je pronaći odgovarajući nisko-propusni procesor signala za potiskivanje fluktuacija srednjeg odbroja. Da bi bili u mogućnosti da kontrolišemo grešku srednjeg odbroja nisko-propusni procesor signala mora posedovati jedan ili više promenljivih parametara čijim bi podešavanjem mogli grešku održavati u zadatim granicama.

Osnovno svojstvo algoritma predodređenog vremena je prikazivanje srednjeg odbroja u fiksnim vremenskim intervalima:

- Kraći intervali omogućuju brža očitavanja uz veće fluktuacije, dok duži intervali smanjuju fluktuacije uz sporiji odziv. Ovi oprečni zahtevi iziskuju optimizaciju rešenja.
- U stacionarnom režimu pri srednjem odbroju u nivou pozadinskog zračenja, fiksni vremenski interval može davati zadovoljavajući rezultat. Kod povećanja srednjeg odbroja potrebno je obezbediti kraća vremena očitavanja.

Primenom adaptivne obrade signala potrebno je realizovati:

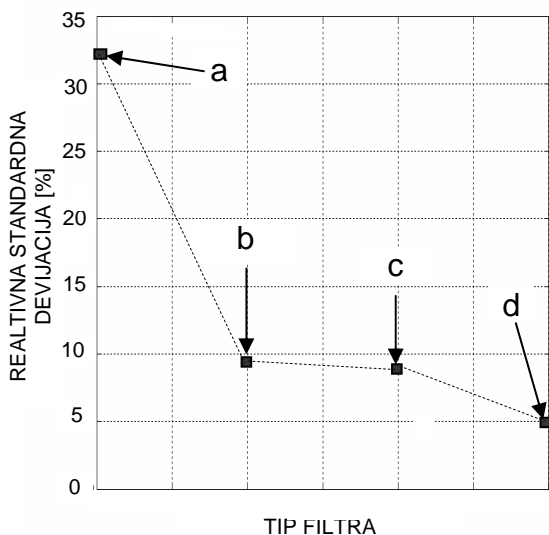
- optimizovani algoritam za detekciju promene srednjeg odbroja,
- kontrolu greške srednjeg odbroja podešavanjem parametara procesora signala,
- optimizovani algoritam za adaptivnu promenu predodređenog vremena u zavisnosti od vrednosti srednjeg odbroja u cilju bržeg očitavanja rezultata merenja,
- kao performansni kriterijum za izbor optimalnih vrednosti parametara koristiti relativnu standardnu devijaciju definisanu kao odnos standardne devijacije srednjeg odbroja i srednjeg odbroja u procentima. Optimalne su one vrednosti parametara koje daju minimalnu relativnu standardnu devijaciju.

Predviđeno je da se meri srednji odbroj u nivou pozadinskog zračenja sa mogućnošću nagle promene srednjeg odbroja na proizvoljnu vrednost, odnosno do oko 100 puta iznad pozadinskog nivoa za konkretno ispitivanje performansi.

### 3. REALIZOVANA METODA

U cilju potiskivanja fluktuacija srednjeg odbroja razmatrana su 3 adaptivne nisko-propusne digitalne filterske strukture i to: Batervort IIR filtar direktne realizacije drugog reda sa jednom sekcijom, Čebiševljev IIR filtar druge vrste direktne realizacije sa jednom sekcijom i FIR filtar sa pokretnom srednjom vrednošću, sa pravougaonom prozorskom funkcijom i sa 20 koeficijenata korišćenih za poredjenje sa preostale dve strukture. Svi parametri filtara su

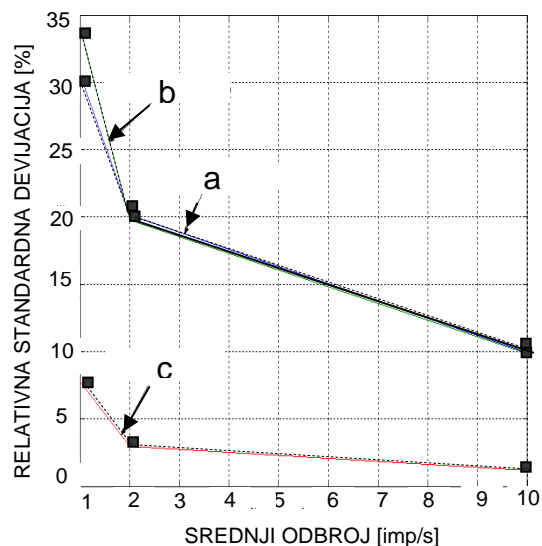
dobijeni kao rezultat sprovođenja odgovarajućih optimizacionih procedura za svaki parametar ponaosob koristeći relativnu standardnu devijaciju kao performansni kriterijum. Slika 1 prikazuje kvalitativno poredjenje performansi sve 3 izabrane digitalne filtarske strukture zajedno sa algoritmom predodređenog vremena bez filtra kao referencom. Slika 2 daje kvantitativno poredjenje performansi sve 3 izabrane digitalne filtarske strukture. Kao kriterijum za ocenu performansi na slici 2 je korišćena relativna standardna devijacija definisana kao odnos standardne devijacije srednjeg odbroja i srednjeg odbroja u procentima. Sa slika se vidi da se najbolje potiskivanje fluktuacija dobija za FIR filter.



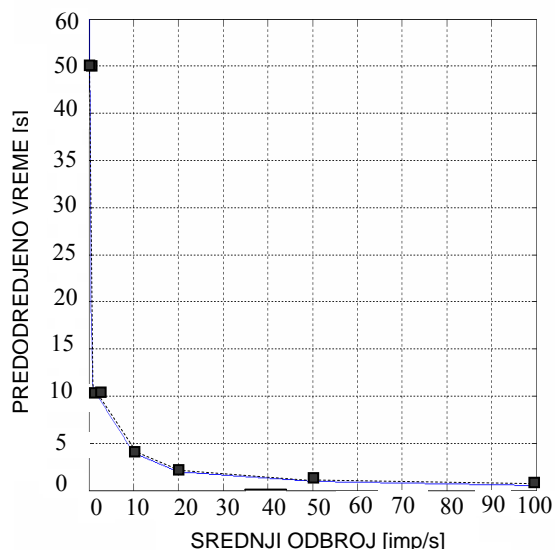
Slika 1. Relativna standardna devijacija za srednji odbroj od 10 imp/s for: a) bez filtra, b) Batervort IIR filter, c) Čebišev IIR druge vrste, i d) FIR filter 20 koef.

Dijagram toka realizovane metode je dat na slici 3. Posle starta i inicijalizacije, predodređeno vreme se postavlja na vrednost  $Nt=10s$ , izabere se tip filtra i specificira dozvoljena greška srednjeg odbroja. Generisana sekvenca od 30000 impulsa se propušta kroz algoritam predodređenog vremena koji izračunava srednji odbroj. Nakon toga, algoritam za detekciju promene poredi izračunati srednji odbroj sa pragovima odlučivanja dobijenim primenom odgovarajuće optimizacione procedure. Da bi se izbegle moguće greške u odlučivanju prouzrokovane statističkom prirodom srednjeg odbroja, uvodi se memorija u proces odlučivanja, tako što se srednji odbroj poredi sa dve prethodne vrednosti srednjeg odbroja. Optimalne vrednosti pragova odlučivanja kao i memorije algoritma za detekciju promene srednjeg odbroja su dobijene na osnovu sprovedenih odgovarajućih optimizacionih procedura. Ukoliko nije detektovana promena srednjeg odbroja, obavlja se FIR ili IIR nisko-propusno filtriranje. Broj koeficijenata FIR filtra je varijabilan u zavisnosti od specificirane dozvoljene greške srednjeg odbroja. Ako nije detektovana promena srednjeg odbroja, drugi FIR ili IIR filter preuzima obradu. Optimalni broj koeficijenata FIR filtra je 1, da bi omogućio brz odziv merenja. Ukoliko bi se se odmah nakon tranzijentnog režima aktivirao FIR filter sa promenljivim brojem koeficijenata koji radi u stacionarnom režimu, desile bi se velike fluktuacije

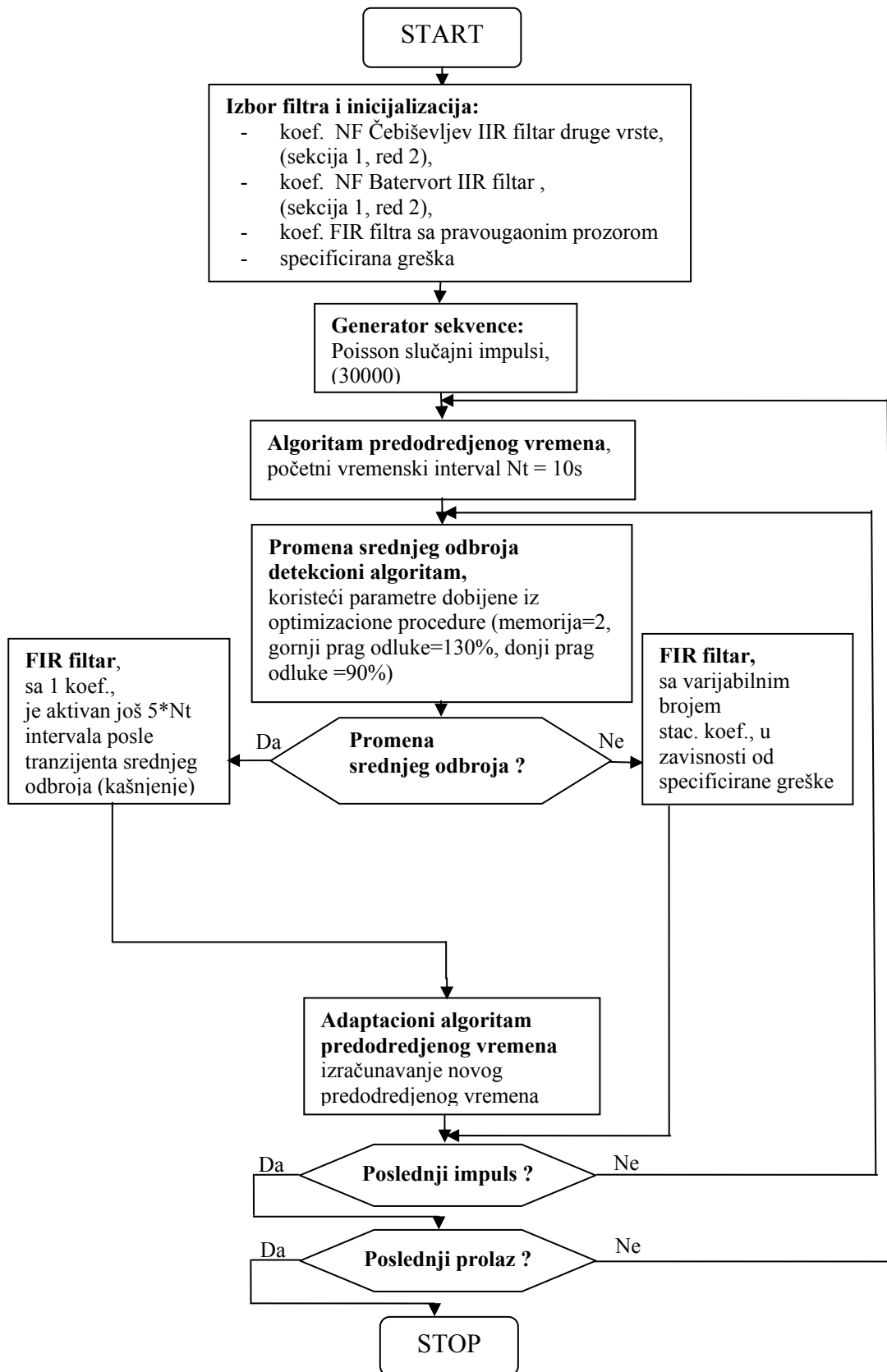
srednjeg odbroja u narednih nekoliko intervala predodređenog vremena, usled usrednjavanja vrednosti srednjeg odbroja iz prethodnog tranzijentnog i sadašnjeg stacionarnog režima. Ako se zakasni startovanje FIR filtra za stacionarni režim, odnosno produži obrada FIR filtra za tranzijentni režim još 5 intervala predodređenog vremena (vrednost dobijena na osnovu sprovedene optimizacione procedure), neće se pojaviti velike fluktuacije srednjeg odbroja. Nakon tranzijentnog režima, adaptacioni algoritam predodređenog vremena izračunava novu vrednost predodređenog vremena na osnovu procenjene nove vrednosti srednjeg odbroja u skladu sa slikom 4



Slika 2. Relativna standardna devijacija u zavisnosti od srednjeg odbroja za: a) Batervort IIR, b) Čebišev IIR druge vrste, i c) FIR filter sa 20 koef.

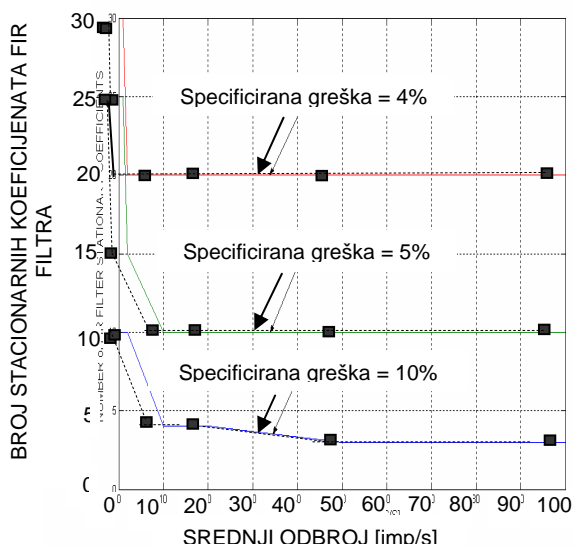


Slika 4. Zavisnost izmedju predodređenog vremena i srednjeg odbroja implementirana u adaptacionom algoritmu



Slika 3. Dijagram toka realizovane metode

Na slici 5 je prikazana zavisnost potrebnog broja koeficijenata FIR filtra sa varijabilnim brojem koeficijenata iz stacionarnog režima i srednjeg odbroja za specificirani opseg dozvoljenih vrednosti grešaka srednjeg odbroja (4% do 10%). Sa slike se vidi da je za svaku vrednost srednjeg odbroja veću ili jednaku 1 imp/s dovoljan broj FIR filtera koeficijenata 20 za vrednost greške srednjeg odbroja od 4%. Ukoliko bi se dozvoljena vrednost greške srednjeg odbroja povećala na 5%, onda bi i 15 koeficijenata FIR filtra bilo dovoljno.



Slika 5. Potrebni broj stacionarnih koeficijenata FIR filtra u funkciji srednjeg odbroja za 3 specificirane greške srednjeg odbroja

#### 4. ZAKLJUČAK

Realizovana je metoda koja omogućava poboljšanje rada klasičnog algoritma predodređenog odbroja primenom adaptivne digitalne obrade signala. Metoda koristi optimizovani algoritam za detekciju promene srednjeg odbroja, nisko-propusne filtre različitih IIR i FIR struktura sa adaptivnim parametrima koji služe za kontrolu greške srednjeg odbroja, kao i adaptacioni algoritam za izračunavanje nove vrednosti predodređenog vremena u zavisnosti od procenjene vrednosti srednjeg odbroja, koji se izvršava posle nisko-propusnog filtriranja. Parametri adaptacionih algoritama, kao i parametri filtera su izabrani na osnovu sprovedenih optimizacionih procedura.

Realizovana metoda omogućava kontrolu greške u opsegu od 4% do 10%, kao i da vreme odziva merača srednjeg odbroja na promenu srednjeg odbroja ne bude duže od dva intervala predodređenog vremena.

#### LITERATURA

[1] Glenn F. Knoll, *Radiation Detection and Measurement*, John Wiley & Sons, 1999.

[2] V. Arandjelovic, A. Koturovic, R. Vukanovic, "The Dynamic Properties of the Preset Count Digital Rate Meter Algorithms", *Review of Scientific Instruments*, Vol. 69, No. 8, August 1998, pp. 2902-2908.

[3] V. Arandjelovic, A. Koturovic, R. Vukanovic, "A Software Method for Suppressing Statistical Fluctuations in Preset Count Digital Rate Meter Algorithms", *IEEE Trans. on Nuclear Science*, Vol. 49, No. 5, October 2002, pp. 2561-2566.

[4] Dj. Šaponjić, Aleksandar Žigic and V. Arandjelović, "HYPERION Net: The Distributed Measurement System for Background Ionizing Radiation Monitoring", *Nuclear Technology and Radiation Protection*, Vol. XVIII, No. 1, 2003, pp. 42-46.

[5] Aleksandar D. Žigić, Djordje P. Šaponjić, Vojislav Dj. Arandjelović and Zora S. Žunić, "The Concept of a Unified Meteorological and Radiological Monitoring System Based on Hyperion Technology", *Nuclear Technology and Radiation Protection*, Vol. XIX, No. 2, 2004, pp. 74 – 76.

[6] V. Arandjelovic, A. Koturovic, "The Optimum Dynamic Parameters of Digital Rate Meter Algorithms", *Review of Scientific Instruments*, Vol. 68, No 12, December 1997, pp. 4609-4611.

[7] A. Koturović, V. Arandjelović, "Analysis of Response Times for Digital Rate Meter Algorithms", *Review of Scientific Instruments*, Vol. 66, No. 5, May 1995, pp. 3374-3376.

[8] Fehlau, P.E., "Comparing a Recursive Digital Filter with the Moving-Average and Sequential Probability-Ratio Detection Methods for SNM Portal Monitors", *IEEE Trans. on Nuclear Science*, Vol. 40, No. 2, April 1993, pp. 143-146.

[9] Simon Haykin, *Adaptive Filter Theory*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1986.

[10] Andreas Antoniou, *Digital Filters: Analysis and Design*, McGraw-Hill, Inc., 1979.

**Abstract** – A method for improving stationary characteristics of the classical preset time rate-meter was developed by using adaptive digital signal processing. The realized method uses an optimized detection algorithm that senses the change of mean count rate, 3 low-pass filters with various structures with adaptive parameters to implement the control of the mean count rate, and an adaptation algorithm for preset time interval calculations executed after low-pass filters. The realized method enables the response time not in excess of 2 preset time intervals and the control of the mean count rate in the range of 4% to 10%.

#### OPTIMIZATION OF STATIONARY CHARACTERISTICS OF THE PRESET TIME COUNT RATE METER USING ADAPTIVE DIGITAL SIGNAL PROCESSING

Aleksandar Žigić, Vojislav Arandjelović, Djordje Šaponjić, Ivana Veselinović