

Fișa suspiciunii de plagiat / Sheet of plagiarism's suspicion

Indexat la:
0162/06

Opera suspicionată (OS)

Opera autentică (OA)

Suspicious work

Authentic work

OS	MUNTEANU, Radu, MITRAN, Radu, BECHET, Paul. <i>Metode numerice pentru detecția semnalelor radio</i> . Cluj-Napoca: Mediamira. 2013. ISBN 978-973-713-309-0.
OA	MITRAN, R.G. Cercetări privind metodele de analiză și prelucrare a semnalelor utilizate în sisteme de interceptare cu aplicații speciale. Teză de doctorat. Conducător științific: Prof.Radu MUNTEANU. Universitatea tehnică, Cluj-Napoca. 2010.

Incidența minimă a suspiciunii / Minimum incidence of suspicion

p.028:01-p.040:00	p.034:13-p.043:05
p.028:Figura 2.1	p.034:Figura 3.1
p.032:Figura 2.3	p.036:Figura 3.3
p.041:00-p.045:00	p.043:06-p.046:00
p.061:03-p.088:00	p.070:04-p.089:00

Fișa întocmită pentru includerea suspiciunii în Indexul Operelor Plagiate în România de la
Sheet drawn up for including the suspicion in the Index of Plagiarized Works in Romania at
www.plagiate.ro

Notă: p.285:00 semnifică „pagina 285 până la capăt”. **Note:** p.285:00 means „page 285 to the end”.



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ

MITRAN Radu George

TEZA DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND METODELE DE ANALIZĂ ȘI PRELUCRARE A
SEMNALELOR UTILIZATE ÎN SISTEME DE INTERCEPTARE
CU APLICAȚII SPECIALE**

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:

Prof.dr.ing. Radu MUNTEANU

2010

MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ȘI SPORTULUI



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ

Mitran Radu George

TEZĂ DE DOCTORAT

**Cercetări privind metodele de analiză și prelucrare a
semnalelor utilizate în sisteme de interceptare cu aplicații
speciale**

**Conducător științific,
Prof.dr.ing. Radu Munteanu**

Comisia de evaluare a tezei de doctorat:

- PREȘEDINTE:** - Prof.dr.ing. *Radu Ciupa* - decan, Facultatea de Inginerie Electrică, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca;
- MEMBRI:**
- Prof.dr.ing. *Radu Munteanu* - conducător științific, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca;
 - Prof.dr.ing. *Mihai Octavian Popescu* - referent, Universitatea "Politehnica" din București;
 - Prof.dr.ing. *Gheorghe Todoran* - referent, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca;
 - Conf.dr.ing. *Paul Bechet* - referent, Academia Forțelor Terestre "Nicolae Bălcescu" din Sibiu.

2010

CAPITOLUL 3. METODE DE DETECȚIE A SEMNALELOR RADIO PRIN MĂSURAREA ENERGIEI

3.1 Introducere

Pentru observarea spectrului electromagnetic sunt utilizate platforme hardware dedicate și algoritmi pentru procesarea semnalelor. În acest capitolul vor fi prezentați principalii algoritmi utilizați pentru observarea spectrului electromagnetic.

Detecția semnalelor radio pe baza măsurării energiei constituie una din cele mai simple metode de detecție a semnalelor radio tactice. Radiometrul reprezintă cea mai cunoscută formă de implementare a algoritmului detecției pe baza măsurării energiei. Modelul analitic al radiometrului digital a fost prezentat. Performanțele radiometrului digital în cazul canalului de tip AWGN au fost caracterizate prin intermediul probabilității de detecție și a probabilității de alarmă falsă. Au fost evaluate prin simulare performanțele radiometrului pentru semnale nemondate, semnale modulate și forme de undă numerice de bandă îngustă.

3.2 Detecția pe baza energiei

Datorită avantajelor prelucrării numerice a semnalelor, radiometrul digital prezintă performanțe superioare comparativ cu varianta analogică. Principiul utilizat pentru detecția semnalelor constă în măsurarea energiei într-o bandă W de frecvență pentru o durată T (Bechet, 2008; Bechet, 2007). Dacă acești parametri corespund cu parametrii semnalului căutat, radiometrul va determina energia semnalului. Radiometrul este util în aplicații în care parametrii semnalului interceptat (modulație utilizată, rata de simbol, forma impulsului în banda de bază, etc.) nu sunt disponibili la recepție (ex.: cercetare radio, controlul spectrului electromagnetic).

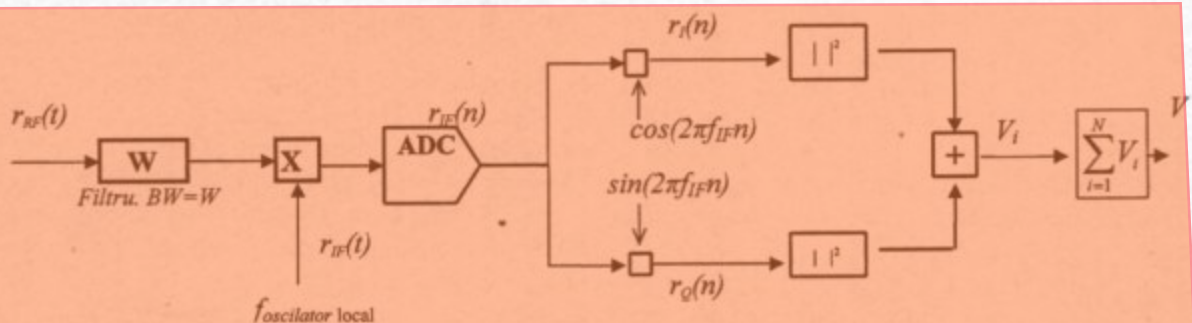


Figura 3.1. Schema bloc a radiometrului digital.

D.p.d.v funcțional schema bloc a radiometrului digital este prezentată în figura de mai sus. Semnalul recepționat $r_{RF}(t)$ este translatat pe frecvența intermediară IF . Semnalul astfel obținut $r_{IF}(t)$ este transformat în format digital de către convertorul ADC. Semnalul numeric

astfel obținut este descompus în componentele I și Q . Prin ridicarea la pătrat și însumarea acestora se obține energia semnalului V_i pentru o durată egală cu durată de eșantionare T_s . Prin însumarea acestor valori pentru N durate de eșantionare se obține energia semnalului recepționat pentru o durată NT_s .

Performanțele radiometrului digital au fost descrise prin intermediul probabilității de alarmă falsă P_{fa} și prin intermediul probabilității de detecție. Alarma falsă apare în cazurile în care semnalul țintă nu este prezent la intrarea radiometrului dar nivelul zgomotului depășește pragul impus și algoritmul de decizie semnalizează prezența semnalului de interes.

Poison (2004) a realizat o comparație a diferitelor modele matematice ce descriu performanțele radiometrului în cazul semnalului util corupt cu zgomot de tip AWGN. Pe baza acestor modele s-a demonstrat că energia V la ieșirea radiometrului este caracterizată de o distribuție χ^2 (chi square) centrată cu 2γ grade de libertate pentru cazul absenței semnalului și o distribuție χ^2 necentrată cu 2γ în cazul prezenței semnalului util.

Pe baza modelului analitic al radiometrului au fost deduse expresiile pentru probabilitatea de alarmă falsă și probabilitatea de detecție (Torrieri, 2005):

$$\text{Probabilitatea de alarmă falsă: } P_{fa} = 1 - \Gamma\left(\frac{2V_t}{N_0}, \gamma\right) \quad (3.1)$$

$$\text{Probabilitatea de detecție: } P_d = Q_\gamma(\sqrt{2E/N_0}, \sqrt{2V_t/N_0}) \quad (3.2)$$

Pentru valori ale lui $\gamma > 100$, distribuția energiei V la ieșirea radiometrului poate fi aproximată ca o variabilă aleatoare cu distribuție gaussiană. În acest caz probabilitatea de detecție este aproximată prin:

$$P_d = Q\left[\frac{V_t - N_0TW - E}{(N_0^2TW + 2N_0E)^{1/2}}\right] \quad (3.3)$$

unde: V_t - pragul de detecție; N_0 - densitatea spectrală de zgomot; γ - numărul de eșantioane utilizate pentru calcularea energiei; E - energia semnalului util pentru durată egală cu γT_s (T_s - durată de eșantionare); Γ - funcția gamma incompletă; Q_a - funcția Marcum generalizată.

3.3 Evaluarea prin simulare a performanțelor radiometrului pentru semnale sinusoidale

Modelul unui radiometru digital, în banda de bază, a fost realizat sub forma unei funcții MATLAB. Schema bloc este prezentată în figura 3.2.

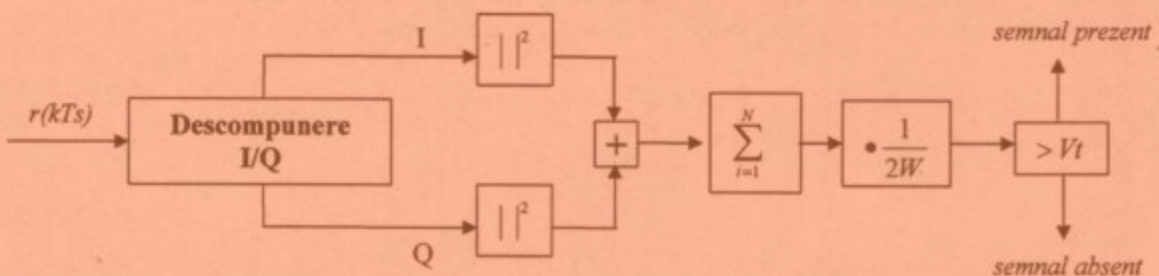


Figura 3.2. Model MATLAB utilizat pentru implementarea radiometrului digital în banda de bază.

Parametrii utilizați de către model sunt următorii:

W - banda semnalului recepționat în banda de bază;

T_s - perioada de eșantionare; $T_s = \frac{1}{2W}$;

N - numărul de eșantioane utilizate pentru estimarea puterii și luarea unei decizii;

V_t - nivelul de prag; N_0 – densitatea spectrală de zgomot.

Pe baza numărului de detecții s-a realizat estimarea probabilității de alarmă falsă și estimarea probabilității de detecție. Semnalul prelucrat de către radiometru poate fi în una din următoarele 2 situații:

$H_0 - r(t) = n(t)$; semnalul recepționat conține doar zgomot;

$H_1 - r(t) = s(t) + n(t)$; semnalul recepționat conține semnalul util și zgomot.

$$P_d = P(V > V_t | H_1) \quad P_d = \frac{N_{r_detectii}}{N_{r_total_decizii}} \quad (3.4)$$

$$P_{fa} = P(V > V_t | H_0) \quad P_{fa} = \frac{N_{r_detectii_false}}{N_{r_total_decizii}} \quad (3.5)$$

Pentru verificarea modului de prelucrare a semnalului la diferite puncte de pe traseul radiometrului a fost estimată densitatea spectrală de putere a semnalului util, a zgomotului și a semnalului recepționat ($r(t) = s(t) + n(t)$). Estimarea spectrală a fost realizată prin metoda WELCH. Totodată a fost reprezentată grafic energia semnalului (V) în funcție de timp atât pentru semnalul $r(t)$ cât și pentru zgomot $n(t)$. Pe graficul energiei a fost marcat nivelul de prag pentru a indica poziția acestuia în raport cu energia semnalului util și cu energia semnalului recepționat. Rezultatele obținute pentru cazul unui semnal sinusoidal sunt reprezentate în graficul următor.

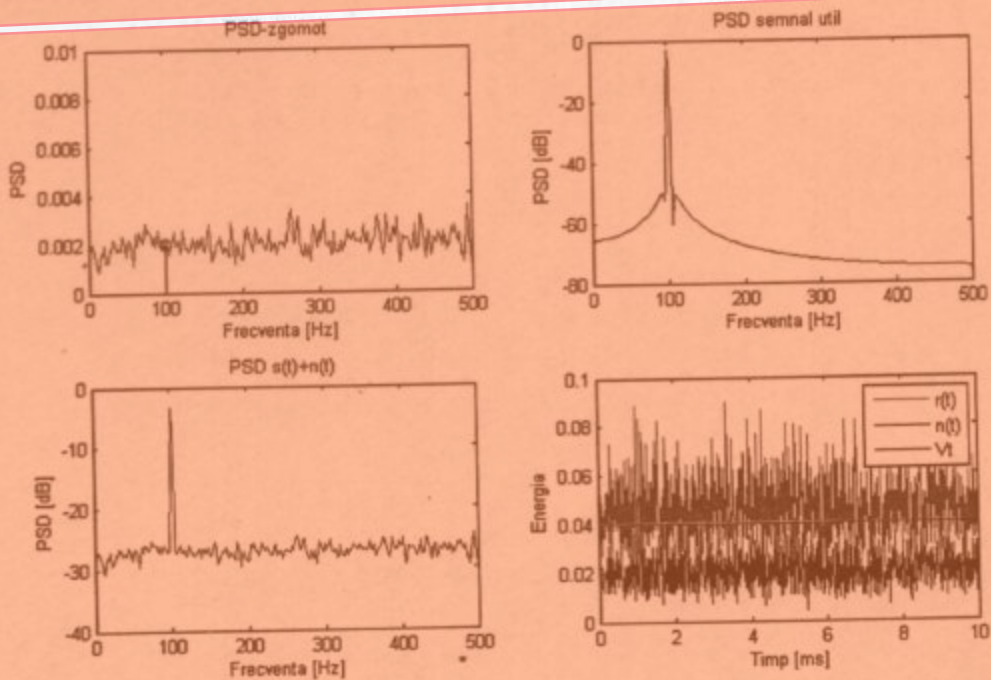


Figura 3.3. Densitatea spectrală de putere (PSD) pentru semnalele prelucrate de radiometru și energia calculată pentru semnalul recepționat (verde) și pentru semnalul de zgomot. (Parametrii: semnal sinusoidal $f=100$ Hz, frecvența de eșantionare $F_s=1000$ Hz, $n_{eșantioane}=10000$, $W=500$ Hz, $N_0=0.002$ W/Hz, $SNR=1$ dB, $N=10$). PSD estimată prin metoda WELCH, fereastra Hamming, $N_{fft}=512$, $N=19$, $Noverlap=0$.

Pentru verificarea performanțelor modelului utilizat pentru reprezentarea radiometrului, probabilitățile de alarmă falsă și cea de detecție au fost comparate cu valorile

teoretice deduse conform modelului analitic. Semnalul utilizat a fost de tip sinusoidal. Toți parametrii modelului utilizați sunt identici cu cei utilizați în simularea anterioară. Pragul utilizat a fost modificat într-un interval de valori iar pentru fiecare valoare a pragului au fost estimate probabilitățile de alarmă falsă și cea de detecție (figura 3.4).

Conform rezultatelor reprezentate grafic rezultă că modelul analitic aproximează foarte bine funcționarea radiometrului digital realizat. Deoarece probabilitățile estimate reprezintă variabile aleatoare care iau valori în jurul valorii probabilității teoretice s-au calculat media și dispersia acestor variabile aleatoare. Din medie a fost scăzută valoarea probabilității teoretice astfel s-a obținut deplasarea estimatului. Valorile deplasării sunt de ordinul 10^{-3} atât pentru probabilitatea de detecție cât și pentru probabilitatea de alarmă falsă (figura 3.5).

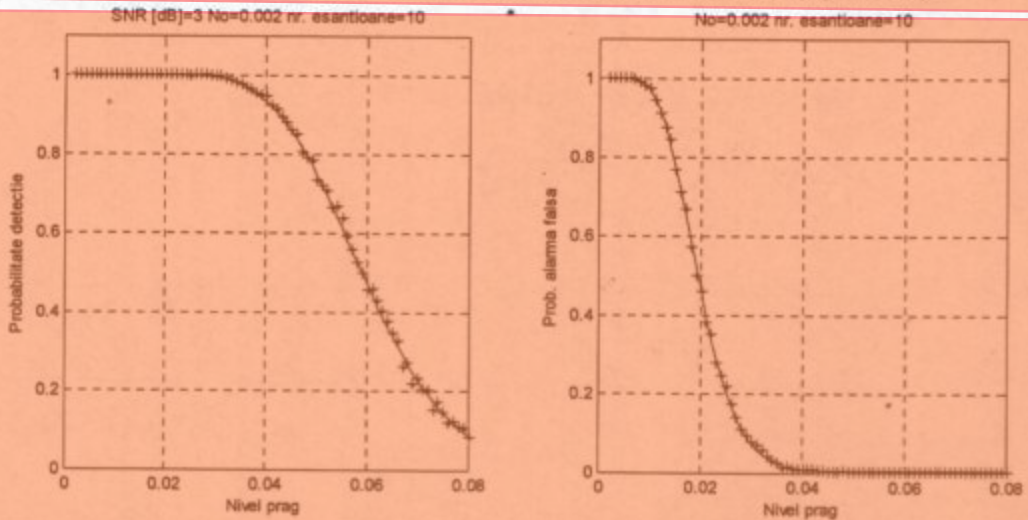


Figura 3.4. Comparație probabilitate de detecție estimată vs. probabilitate de detecție teoretică și probabilitate de alarmă falsă estimată vs. probabilitate de alarmă falsă teoretică. (Parametrii:semnal sinusoidal $f=100$ Hz, $F_s=1000$ Hz, $n_{\text{esantioane}}=10000$, $W=500$ Hz, $N_0=0.002$ W/Hz, $SNR=3$ dB, $N=10$).

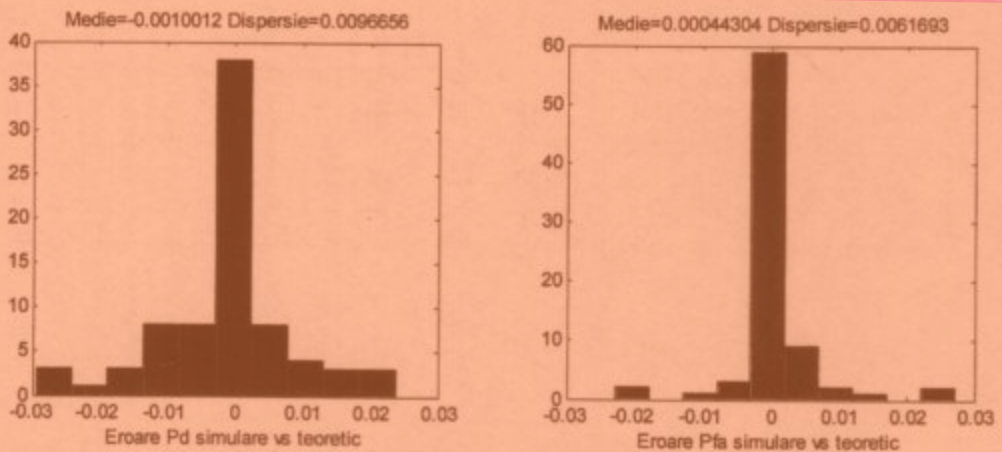


Figura 3.5. Histograma erorii $Pd_{\text{simulat}} - Pd_{\text{teoretic}}$ și $Pfa_{\text{simulat}} - Pfa_{\text{teoretic}}$.