



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00140

(22) Data de depozit: 15.02.2010

(41) Data publicării cererii:
30.09.2011 BOPI nr. 9/2011

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA,
STR. CONSTANTIN DAICOVICIU NR.15,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:
• CREMENE LIGIA DORINA,
STR. ZORILOR NR.36/7, CLUJ NAPOCA,
CJ, RO;

• CREMENE MARCEL,
STR. ZORILOR NR.36/7, CLUJ NAPOCA,
CJ, RO

(74) Mandatar:
CABINET DE PROPRIETATE
INDUSTRIALĂ CIUPAN CORNEL,
STR. MESTECENILOR NR. 6, BL. 9E, AP. 2,
CLUJ NAPOCA, JUDEȚUL CLUJ

(54) METODĂ ADAPTIVĂ ȘI DISPOZITIV DE PRELUCRARE
UNIFICATĂ A SEMNALELOR PENTRU RECEPTOARE RADIO

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un dispozitiv de prelucrare unificată a semnalelor, destinate utilizării în receptoare radio cu intrări multiple. Metoda conform invenției constă din preluarea semnalelor recepționate pe intrări multiple, prin intermediul a M lanțuri de întârziere, formate din N celule de întârziere fiecare, din fiecare lanț de întârziere fiind apoi extrase N eșantioane succesive ale semnalului recepționat pe ramura corespunzătoare, cele NxM eșantioane furnizate fiind combinate și egalizate adaptiv, prin însumare ponderată și clasificare simbol cu simbol, pe baza unui algoritm de minimizare a erorii medii pătratice și pe baza unei secvențe de antrenare produse de un generator de secvențe, și transmise în mod repetat, în funcție de viteza de variație a canalului radio. Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-un bloc (2) de clasificare supervizată, instruit în timp real, M lanțuri de întârziere (1) a câte N celule fiecare, și un neuron (4) liniar, cu rol de ponderare, însumare și comparare a semnalelor de intrare ($S_{1(n)}$, $S_{2(n)}$, ..., $S_{N(n)}$), neuronul (4) fiind format dintr-un modul (6) de calcul al ponderilor, un sumator (5) ponderat, care materializează nucleul neuronului (4), și un comparator (9) care furnizează mărimea de eroare rezultată ca diferență dintre secvența de antrenare și semnalul de ieșire.

Revendicări: 2
Figuri: 3

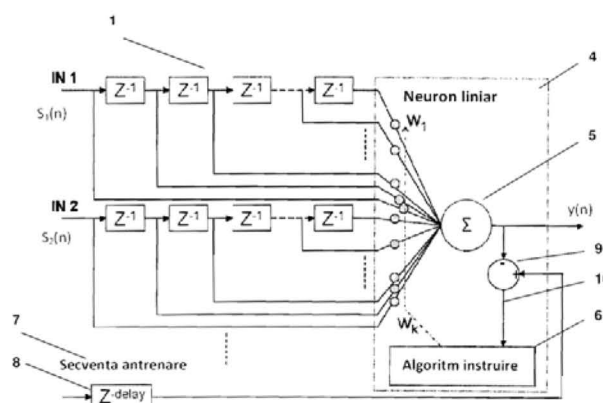
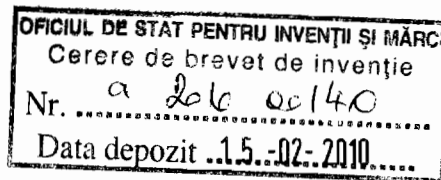


Fig. 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





Metodă adaptivă și dispozitiv de prelucrare unificată a semnalelor pentru receptoare radio

Invenția se referă la o metodă și la un dispozitiv de prelucrare a semnalelor, destinate utilizării în receptoare radio cu intrări multiple. Este vorba despre receptoare radio utilizate pentru transmisii digitale pe canale radio afectate de fading multi-cale, cum este cazul comunicațiilor mobile. Invenția se referă la o metodă de unificare a operațiilor de egalizare și combinare a semnalelor într-un receptor cu intrări multiple.

La ora actuală, operațiile de *combinare și egalizare* sunt tratate în mod distinct și, prin urmare, implementate în blocuri diferite.

În *scopul combinării* semnalelor recepționate pe intrări multiple este cunoscută metoda de combinare cu prag ThC (Threshold Combining), care realizează selecția primului semnal care depășește un anumit prag. Semnalul de la o singură intrare este selecționat la un moment dat, iar tehnica nu necesită co-fazare. Această metodă are complexitatea cea mai redusă dar și performanțele cele mai slabe. În același scop mai este cunoscută o altă metodă, combinarea selectivă SDC (Selection Diversity Combining) care realizează selecția celui mai bun semnal la un moment dat. Această tehnică oferă un compromis bun între performanță și complexitate.

Dezavantajul principal al metodelor de combinare ThC și SDC este dat de necesitatea estimării raportului semnal-zgomot (SNR) pe fiecare intrare.

O altă tehnică de combinare a semnalelor este MRC (Maximum Ratio Combining) care realizează combinarea liniară a tuturor semnalelor după ce sunt cofazate. Combinarea se face prin însumarea ponderată a intrărilor, coeficienții de ponderare fiind calculați în funcție de nivelul semnalului de pe fiecare intrare. Aceasta tehnică este cea mai eficientă din punct de vedere al câștigului de diversitate dar și cea mai complexă. Dezavantajul metodei MRC este legat de necesitatea cofazării semnalelor de intrare.

În *scopul egalizării* semnalelor se utilizează tehnicile de egalizare liniare LE (Linear Equalizers) - ZF (Zero Forcing) și MMSE (Minimum Mean Square Error). Aceste egalizoare au o complexitate relativ redusă, dar au dezavantajul că introduc zgomot suplimentar. În același scop mai sunt cunoscute tehnici de egalizare neliniare cu decizie în bucla de reacție DFE (Decision Feedback Equalizer) de tipurile ZF-DFE/ZF-SIC (SIC - Successive Interference Cancellation) și MMSE-DFE/ MMSE-SIC. Aceste egalizoare au o complexitate mai ridicată dar și performanțe mai bune. În același scop este cunoscută tehnica de egalizare MLE (Maximum Likelihood Equalizer). Dezavantajul tehnicii MLE este complexitatea ridicată.

Dezavantajul egalizoarelor de complexitate redusă amintite mai sus este că nu exploatează diversitatea spațială. Dacă N este numărul de antene de la emisie iar M este numărul de antene de la recepție, ordinul de diversitate al egalizorului este $M-N+1$ pentru sisteme cu multiplexare spațială și canale i.i.d., în timp ce ordinul de diversitate al egalizoarelor MLE este M .

În *scopul unificării* operațiilor de combinare și egalizare se cunoaște patentul companiei Alcatel: *Equalizer-combiner for diversity receiver, receiver incorporating same and corresponding diversity reception method*, US Patent 5,901,174 din 4 mai 1999. În acest caz se face egalizare și demodulare pe fiecare ramură de intrare și apoi se combină semnalele rezultate utilizând o tehnică de tip MRC (Maximal Ratio Combining). Se obține astfel o schemă complexă în care se calculează ponderi în două etape: una de egalizare și una de combinare. Dezavantajul principal îl reprezintă necesitatea unui număr de egalizoare și demodulatoare egal cu numărul de intrări. În același scop se mai cunoaște utilizarea unui

combinor urmat de un egalizor: combinor optimal (MRC) urmat de egalizor liniar și respectiv combinor optimal (MRC) urmat de egalizor cu decizie în bucla de reacție. Un alt dezavantaj al acestor scheme este complexitatea ridicată: calculul ponderilor este realizat în două sau trei etape. De asemenea, operațiile de combinare și egalizare sunt tratate împreună dar nu sunt propriu-zis unificate.

În concluzie, soluțiile cunoscute realizează separat operațiile de combinare și egalizare. Soluțiile de complexitate redusă sunt mai puțin performante decât cele complexe. De obicei se aleg soluții intermediare, care să realizeze un compromis bun între complexitate și performanță. Există doar două încercări care tratează în comun operațiile de combinare și egalizare.

Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție este aceea de unificare a operațiilor de combinare și egalizare și de obținere a unui bloc de prelucrare a semnalelor de complexitate mai redusă cu performanțe ridicate, în condiții de zgomot.

Metoda adaptivă de prelucrare unificată a semnalelor pentru receptoare radio, conform invenției, elimină dezavantajele menționate prin aceea că preia prin intermediul unor lanțuri de întârziere semnalele recepționate pe intrări multiple, le ponderează adaptiv și le clasifică simbol cu simbol, combinarea realizându-se prin însumarea ponderată a semnalelor de intrare, iar operația de egalizare este abordată ca o operație de clasificare a simbolurilor.

Dispozitivul de prelucrare unificată a semnalelor pentru receptoare radio, conform invenției, constă în realizarea unui bloc unificat pentru combinarea și egalizarea semnalelor.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figurile 1, 2 și 3, care reprezintă:

- figura 1 - Schema bloc ce realizează unificarea operațiilor de combinare și egalizare: combinor-egalizor;
- figura 2 - Exemplu de implementare a combinorului-egalizor propus cu clasificator liniar.
- figura 3 - Amplasarea blocului combinor-egalizor propus la nivelul receptorului;

În figura 1 este detaliată schema blocului combinor-egalizor. Semnalele sunt recepționate pe M ramuri de intrare. Cele M intrări sunt alimentate cu semnale provenind de la antene de recepție diferite, după ce semnalul este adus în banda de bază. Aceste semnale sunt introduse în cele M lanțuri de întârziere, 1. Fiecare lanț de întârziere 1 este format din N celule de întârziere z^{-1} . Fiecare lanț permite extragerea a N eșantioane succesive ale semnalului recepționat pe ramura corespunzătoare. Numărul de celule de întârziere trebuie să fie mai mare decât raportul dintre valoarea maximă a întârzierii de pe canalul radio D și perioada de eșantionare T_s ($N > D/T_s$).

Intrările clasificatorului 2 sunt cele $N \times M$ semnale furnizate de lanțurile de întârziere. Pe baza acestor intrări se estimează fiecare simbol. Blocul realizează implicit și partea de decizie binară. Ponderile clasificatorului se adaptează pe baza unui algoritm clasic de minimizare a erorii medii pătratice cum este RLS (Recursive Least Squares).

O secvență de antrenare produsă de generatorul de secvențe 3 este transmisă în mod repetat, în funcție și de viteza de variație a canalului radio. La recepție această secvență este utilizată pentru antrenarea clasificatorului. Antrenarea clasificatorului se bazează pe estimarea erorii medii pătratice. Pe perioada în care nu se transmite secvența de antrenare are loc o egalizare oarbă – valorile rezultate în urma detecției se utilizează pentru calculul erorii.

În figura 2 este prezentată o schema de realizare a blocului combinor-egalizor cu două intrări și cu clasificator liniar. Blocul clasificator 2 este realizat folosind un neuron liniar 4 cu rol de prelucrare a semnalelor de intrare $S_{1(n)}$, $S_{2(n)}$. Neuronul liniar 4 este format dintr-un modul 6, cu rol de ponderare a semnalelor primite din lanțurile de întârziere 1, și un sumator ponderat 5. Modulul 6 stabilește valorile ponderilor W_1, \dots, W_k , pe baza algoritmului de

instruire implementat la nivelul acestui modul. Cele k semnale ponderate sunt însumate în blocul sumator ponderat 5, care materializează nucleul neuronului.

Secvența de antrenare 7, emisă de către generatorul de secvențe 3, suferă o întârziere la nivelul blocului de întârziere 8. Această întârziere are rolul de a sincroniza secvența de antrenare generată local cu secvența de antrenare din semnalul recepționat, știut fiind că propagarea radio introduce o anumită întârziere. Secvența de antrenare întârziată intră într-un bloc comparator 9 împreună cu semnalul de la ieșirea neuronului $y(n)$. Mărima de eroare 10, rezultată ca diferență dintre secvența de antrenare (semnalul dorit) și semnalul de ieșire, este utilizată de către modulul de calcul al ponderilor 6. Eroarea se calculează astfel numai pe durata secvenței de antrenare, în restul timpului eroarea se va calcula ca diferență dintre semnalul $y(n)$ și semnalul $y(n)$ după detecție, realizând astfel o egalizare oarbă (blind).

Ieșirea y a combinatorului-egalizor din figura 2 este dată de formula de mai jos:

$$y = \sum_{j=1..M} \sum_{i=1..N} s_j w_{ji} z^{-i}$$

unde:

- y este semnalul de la ieșirea combinatorului-egalizor,
- s_j este semnalul de intrare pe ramura j a combinatorului-egalizor,
- M este numărul de ramuri de recepție,
- N este numărul de celule de întârziere de pe o ramură (aceleași pentru fiecare ramură),
- w_{ij} este ponderea i pentru ramura j și este calculată pe baza algoritmului RLS.

Blocul combinator-egalizor 11 se amplasează după partea de radiofrecvență (RF) 12 și înaintea demodulatorului 13 (Figura 3).

Prin utilizarea combinatorului-egalizor în locul unui combinator urmat de un egalizor se obțin următoarele avantaje:

- *Complexitate redusă* – deoarece calculul ponderilor este realizat într-o singură etapă nu în două sau trei etape ca la soluțiile prezentate. Nu necesită cofazare și nici estimarea SNR pe fiecare intrare. Combinorul-egalizor propus nu necesită o secvență de antrenare mai lungă decât cea utilizată pentru un egalizor clasic.
- *Reducerea ratei erorii de bit (BER)* pentru un raport semnal-zgomot dat (SNR) în condiții de zgomot și fading dispersiv, prin exploatarea diversității pe baza intrărilor multiple și a lanțurilor de întârziere.
- *Reducerea probabilității de întrerupere* a legăturii în condiții de zgomot (SNR mic) prin aceea că tehnica nu introduce zgomot suplimentar.
- *Mărirea gradului de integrare* prin faptul că există un bloc unic de prelucrare.
- *Extensibilitate facilă* pentru M intrări/antene, structura și algoritmul de instruire fiind aceleași oricare ar fi M .
- *Integrare facilă* într-un lanț de recepție, prin aceea că poate funcționa pentru diferite tipuri de modulații, reutilizează secvența de antrenare existentă și înlocuiește numai egalizorul standard, fără a depinde de alte blocuri din acest lanț.

Avantajele combinatorului-egalizor propus decurg din *existența intrărilor multiple, a lanțurilor de întârziere și a clasificatorului*. Aceste trei elemente permit implementarea unificată a operațiilor de combinare și egalizare.

REVENDICĂRI

1. Metodă adaptivă de prelucrare unificată a semnalelor pentru receptoare radio cu intrări multiple, **caracterizată prin aceea că**, semnalele recepționate sunt preluate prin intermediul a M lanțuri de întârziere (1) formate din câte N celule de întârziere z^{-1} fiecare, din fiecare lanț de întârziere se extrag N eşantioane succesive ale semnalului recepționat pe ramura corespunzătoare, apoi cele $N \times M$ eşantioane furnizate de lanțurile de întârziere sunt combinate și egalizate adaptiv prin însumare ponderată și clasificare simbol cu simbol, în blocul de clasificare (2) pe baza unui algoritm de minimizare a erorii medii pătratice și pe baza unei secvențe de antrenare produse de un generator de secvențe (3) și transmise în mod repetat, în funcție de viteza de variație a canalului radio, pe perioada în care nu se transmite secvența de antrenare are loc o egalizare oarbă, valorile rezultate în urma detecției fiind utilizate pentru calculul erorii.
2. Dispozitiv de prelucrare unificată a semnalelor pentru receptoare radio cu intrări multiple alcătuit dintr-un bloc de clasificare supervizată instruibil în timp real (2), **caracterizat prin aceea că**, pentru realizarea prelucrării unificate combinare-egalizare a semnalelor recepționate utilizează M lanțuri de întârziere (1) a câte N celule fiecare, și un neuron liniar (4) cu rol de ponderare, însumare și comparare a semnalelor de intrare $S_{1(n)}$, $S_{2(n)}$, neuronul liniar (4) fiind format dintr-un modul (6) de calcul al ponderilor W_1, \dots, W_k , pe baza algoritmului de instruire implementat la nivelul acestui modul, un sumator ponderat (5) care materializează nucleul neuronului și un comparator (9) care furnizează mărimea de eroare (10), rezultată ca diferență dintre secvența de antrenare (semnalul dorit) și semnalul de ieșire.

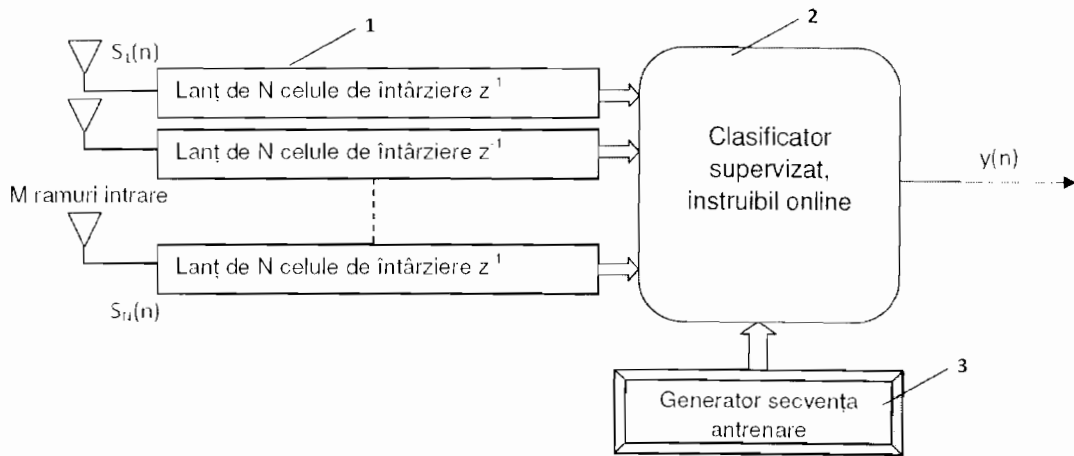


Figura 1

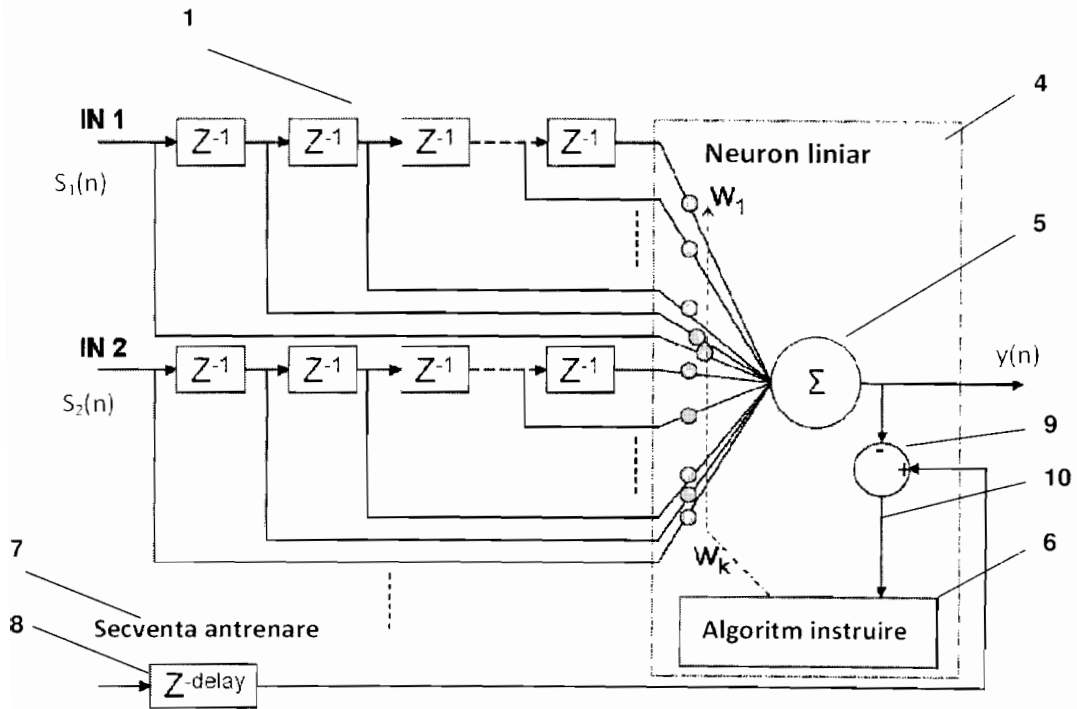


Figura 2

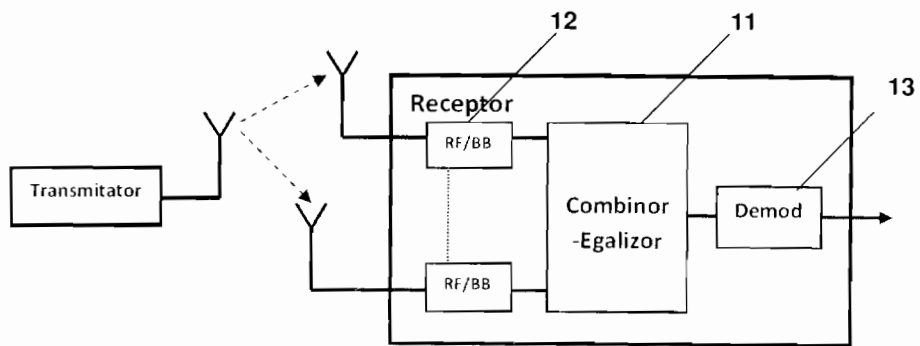


Figura 3