



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 01287

(22) Data de depozit: 08.12.2010

(41) Data publicării cererii:  
30.04.2015 BOPI nr. 4/2015

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN  
CLUJ-NAPOCA, STR. MEMORANDUMULUI  
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:  
• CRIȘAN NICOLAE, STR. FABRICII NR. 5,  
BL. B5, SC. 5, AP. 159, CLUJ-NAPOCA, CJ,  
RO;

• CREMENE LIGIA DORINA,  
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 ȘI DISPOZITIV DE COMPENSARE A FADINGULUI  
MULTI-CALE PENTRU DISPOZITIVE PORTABILE DE MICI  
DIMENSIUNI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un dispozitiv de compensare a fadingului pe canale cu propagare multi-cale, pentru dispozitive portabile de mici dimensiuni, echipate cu receptoare cu diversitate. Metoda conform invenției constă în preluarea unui semnal de radio-frecvență de la o antenă (1) acordată pe frecvențe purtătoare de forma  $f_c$  și  $2f_c$ , care este transmis apoi de-a lungul unui lanț de radiofrecvență, și distribuit de un splitter RF (9) către niște amplificatoare (10), furnizarea la recepție, de către un oscilator (5) local, a două frecvențe  $f_{OL}$  și  $2f_{OL}$ , urmată de prelucrarea semnalelor, pe fiecare cale în parte, de către un mixer (11) coborât și de un bloc (12) de prelucrare în frecvență intermediară, iar în final, semnalele sunt prelucrate în banda de bază de un combinator (13) clasic cu diversitate spațială. Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-un bloc de emisie/recepție cu operare în două benzi, pe frecvențe purtătoare de forma  $f_c$  și  $2f_c$ , cu o singură antenă (1) ce operează în două benzi de frecvență, și cu combinare cu diversitate spațială în banda de bază, cu ajutorul unui combinator (12) spațial.

Revendicări: 3  
Figuri: 2

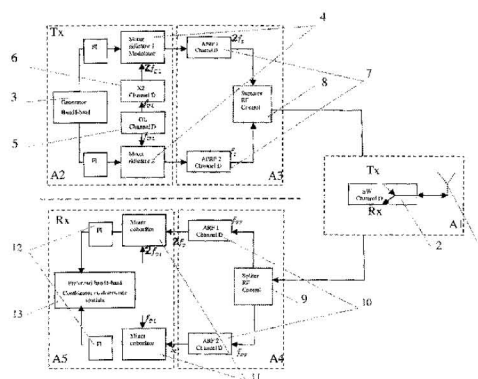
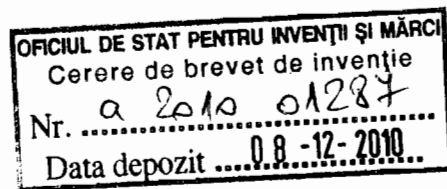


Fig. 1

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 și dispozitiv de compensare a fadingului multi-cale pentru dispozitive portabile de mici dimensiuni**

Invenția se referă la o metodă de compensare a fadingului pe canale cu propagare multi-cale pentru dispozitive portabile de mici dimensiuni echipate cu receptoare cu diversitate.

La ora actuală în scopul compensării fadingului la recepție se folosesc metode bazate pe tehnici de egalizare, de codare sau de diversitate. Aceste tehnici pot fi utilizate împreună sau separat, fiind adesea independente unele de altele. Fiecare metodă prezintă avantaje și dezavantaje fiind aplicată sau nu în funcție de context. Tehnicile de egalizare și codare acționează la nivelele: interfața radio, corecție de erori (FEC) și prelucrare digitală de semnal (DSP). Tehnicile de diversitate la recepție acționează la nivelul interfeței radio și DSP. Metodele bazate pe tehnici de egalizare presupun prelucrări complexe și o capacitate de prelucrare în timp real. Metodele bazate pe codare sunt ineficiente în cazul pachetelor cu lungimi mici. Metodele bazate pe diversitate la recepție folosesc diversitatea spațială ca tehnică de bază în compensarea fadingului. Diversitatea spațială la recepție nu poate fi însă implementată la dispozitivele portabile de dimensiuni mici, în gamele de frecvențe în care acestea operează (de ex. 900MHz, 1800MHz, 2,4GHz, 5GHz) din cauza distanței prea mari dintre elementele de antenă, comparativ cu dimensiunile dispozitivului.

În scopul evitării efectelor fadingului este de asemenea cunoscută tehnica de diversitate în frecvență. Diversitatea în frecvență presupune transmiterea și recepționarea semnalelor pe două sau mai multe frecvențe utilizând una sau mai multe antene. Diversitatea în frecvență este ineficientă pentru ecarturi mici de frecvență între purtători și scade eficiența spectrală comparativ cu diversitatea spațială.

În scopul compensării fadingului se cunoaște de asemenea patentul US 0017633 A1/2006 *Method and Apparatus for True Diversity Reception with Single Antenna*, ce prezintă o metodă de diversitate la recepție cu o singură antenă. Metoda utilizează o antenă și un cablu cu rol de antenă, obținând astfel două semnale care asigură diversitatea.

Dezavantajul metodei constă în constă în eficiența redusă a metodei datorită unei slabe diversități a semnalelor primite.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția propusă este aceea de a furniza o metodă eficientă de compensare a fadingului multi-cale pentru dispozitive portabile de mici dimensiuni care nu pot beneficia de avantajele diversității spațiale deoarece, din cauza spațiului redus, nu este posibilă utilizarea mai multor antene.

Metoda de compensare a fadingului, conform invenției, rezolvă problema compensării fadingului multi-cale pentru dispozitive portabile de mici dimensiuni prin utilizarea unei singure antene dual-band, a două frecvențe purtătoare de forma  $f_c$  și  $2f_c$ , a unui combinator spațial și prin exploatarea proprietății de complementaritate în comportamentul fadingului la frecvențe de forma  $f_c$  și  $2f_c$ , demonstrată matematic și observată prin simulări.

Metoda de compensare a fadingului consta în preluarea semnalului de radiofrecvență de la o antenă (1), acordată pe frecvențe de forma  $f_c$  și  $2f_c$ , care este transmis apoi de-a lungul lanțului de radiofrecvență și distribuit de spliterul RF (9) către amplificatoarele ARF1 și ARF2 (10), oscilatorul local (5) furnizează la recepție două frecvențe  $f_{OL}$  și  $2f_{OL}$ , în continuare, pe fiecare cale în parte, semnalele sunt prelucrate de un mixer coborâtor (11) și blocul de prelucrare în frecvența intermediară – FI (12), iar în final, semnalele sunt prelucrate în banda de bază de un combinator clasic de diversitate spațială (13). Diversitatea este asigurată și este maximă pentru frecvențe de forma  $f_c$  și  $2f_c$  pentru care are loc o însumare norocoasă a fazorilor fronturilor de unda ce ajung la antena de recepție (modulul semnalului complex rezultat este maximum posibil).

Dispozitivul de compensare a fadingului multi-cale, conform invenției, constă într-un bloc de emisie/recepție cu operare în două benzi, pe frecvențe purtătoare de forma  $f_c$  și  $2f_c$ , cu o singură antenă dual-band și cu combinare cu diversitate spațială în banda de bază.

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

- figura 1 - schema bloc emisie/recepție ce realizează compensarea fadingului; exemplu de implementare a schemei de compensare pentru un sistem cu două canale de recepție;
- figura 2 - amplasarea modulelor din schema de compensare a fadingului la nivelul lanțului de emisie-recepție.

În figura 1 este detaliată schema ce realizează compensarea fadingului în cazul unui receptor cu două canale. Semnalele vehiculate sunt:  $f_c$  – primul purtător de RF,  $2f_c$  al doilea purtător de RF,  $f_{OL}$  semnalul de la oscilatorului local,  $f_{RF}$  – semnalul de la antenă.

Dispozitivul de compensare a fadingului, conform invenției se caracterizează prin utilizarea unei antene dual-band (1), acordată pe frecvențe de forma  $f_c$  și  $2f_c$ , furnizând cele două semnale utilizate de combinatorul cu diversitate spațială al receptorului (13). Comutatorul emisie/recepție (2) este unul clasic și realizează comutarea între modurile de emisie (Tx) și de recepție (Rx), emisia și recepția făcându-se într-un singur sens la un moment dat.

Pentru modul de emisie (Tx) semnalele generate de generatorul (3) sunt trecute prin mixerele ridicătoare (4) pentru a fi înmulțite cu semnalele  $f_{OL}$ , respectiv  $2f_{OL}$ , provenind de la oscilatorul local (5). Semnalul de frecvența  $2f_{OL}$  se obține prin multiplicarea cu doi a semnalului de frecvența  $f_{OL}$  în multiplicatorul (6). Cele două semnale de frecvențe  $f_c$  și respectiv  $2f_c$  sunt preluate de amplificatoarele APRF (7), însumate în sumatorul RF (8) și apoi transmise către antena (1).

Pentru modul de recepție (Rx), semnalul  $f_{RF}$  provenit de la antena (1) este distribuit de către spliterul RF (9) către amplificatoarele ARF1 și ARF2 (10). ARF1 va selecta frecvența  $2f_c$ , iar ARF2 frecvența  $f_c$ . Oscilatorul local (5) furnizează la recepție două frecvențe obținute prin dublare:  $f_{OL}$  și  $2f_{OL}$ . Pe fiecare cale în parte recepția se face în mod clasic și implică, după amplificatorul de RF (10), un mixer coborâtor (11) și blocul de prelucrare în frecvența intermediară – FI (12). Semnalele sunt prelucrate în banda de bază de un combinator clasic de diversitate spațială (13).

Diversitatea necesară compensării fadingului este asigurată prin utilizarea a două frecvențe purtătoare  $f_c$  și  $2f_c$ . Fadingul de la receptor pentru purtătorul  $f_c$  va fi diferit de fadingul corespunzător purtătorului  $2f_c$ . Prin aceasta înțelegem că un fading adânc ce poate afecta purtătorul  $f_c$  la momentul  $t$  nu va afecta și purtătorul  $2f_c$  la același moment  $t$  și invers. Mai mult, se poate demonstra matematic faptul că cele două frecvențe purtătoare  $f_c$  și  $2f_c$  asigură o diversitate ce se manifestă prin faptul că dacă un purtător este defavorizat de acțiunea fadingului (SNR mic) celalalt purtător va fi cu siguranță favorizat (SNR mare). Această diversitate se datorează rotirii fiecărui fazor asociat unui front de undă recepționat cu  $2\varphi_i$ , unde  $i$  este indexul frontului și  $\varphi_i$  faza asociată. Cei doi purtători de forma  $f_c$  și  $2f_c$  asigură o

eficiență maximă prin cofazarea fazorilor de sens opus, măbind diferență în valoare absolută dintre SNR-ul măsurat la purtătorul  $f_c$  față de cel măsurat la  $2f_c$ .

În cazul diversității spațiale, această diferență de fază este asigurată în mod clasic de amplasarea antenelor la o anumită distanță una de alta, distanță care în cazul dispozitivelor portabile de mici dimensiuni ar fi mai mare decât spațiul disponibil la acestea. Amplasarea antenelor la o anumită distanță una de alta oferă receptorului cel puțin două semnale pentru operația de combinare cu diversitate spațială.

În lipsa diversității spațiale la antenă, invenția exploatează cazul identificat ca fiind de maximă eficiență pentru combinarea cu diversitate, și anume combinarea semnalelor obținute de la o singura antenă, acordată pe frecvențe de forma  $f_c$  și  $2f_c$ , ce înlocuiesc cele două semnale ce ar fi în mod normal furnizate de două antene.

În figura 2 este prezentată amplasarea modulelor A1, A2, A3, A4, A5, din schema de compensare a fadingului, la nivelul unui lanț de emisie-recepție cu operare în două benzi cu frecvențe centrale de forma  $f_c$  și  $2f_c$ .

Prin aplicarea metodei de compensare a fadingului multi-cale, conform invenției, rezultă următoarele avantaje:

- simplitate tehnologică și complexitate redusă – modulele suplimentare necesare, față de un receptor clasic cu diversitate spațială, sunt: un multiplicator, un sumator RF și un splitter RF, în timp ce antenele multiple sunt înlocuite cu o singură antena dual-band;
- păstrarea avantajelor diversității spațiale (capacitate și disponibilitate a legăturii radio) cu o singură antenă de recepție. Spre deosebire de dispozitivele care utilizează pentru compensarea fadingului diversitatea spațială, implicit antene multiple, dispozitivele care ar utiliza metoda conform invenției necesită o singură antenă și ar fi cel puțin la fel de eficiente ca sistemele cu diversitate MIMO 2x2 (Multiple Input Multiple Output).
- păstrarea debitului legăturii radio în condiții de fading adânc – în cazul aplicării invenției pe un lanț emisie/recepție standardizat IEEE 802.11n, pentru un canal radio de tip D, aplicarea invenției are avantajul păstrării debitului în condiții de fading adânc (se pot păstra debitele corespunzătoare schemelor de modulație și codare MCS 10, respectiv MCS 11 pentru un raport semnal-zgomot SNR cu 7 dB mai mic).

- scalabilitate – arhitectura compensatorului este scalabila – avantajul exploatării complementarității în comportamentul fadingului se menține și pentru receptoare cu mai multe canale și mai multe antene de recepție.

- portabilitate – metoda este transferabilă pe platforme diferite, independent de numărul de canale de recepție, cu păstrarea metodelor de combinare a căilor de recepție, ce sunt folosite în mod clasic la receptoarele cu diversitate spațială: Maximum Ratio Combining (MRC), Alamouti, Zero Forcing (ZF), Equal Gain Combining (EGC), Minimum Mean Square Error (MMSE), Least Mean Squares (LMS), etc. Portabilitatea este posibilă datorită numărul mic de module suplimentare necesare față de un sistem cu diversitate spațială MIMO 2x2.

- integrare facilă într-un lanț de emisie/recepție – metoda poate fi folosită împreună cu alte tehnici cum ar fi diversitatea spațială, egalizarea și codarea.

NOTĂ: Această lucrare a beneficiat de suport financiar prin proiectul “Dezvoltarea și susținerea de programe postdoctorale multidisciplinare în domenii tehnice prioritare ale strategiei naționale de cercetare - dezvoltare - inovare” 4D-POSTDOC, contract nr. POSDRU/89/1.5/S/52603, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013. Depunerea cererii de brevet a beneficiat de suport financiar prin proiectul CNCSIS – UEFISCDI, Resurse Umane, PD 637/2010.

## REVENDICĂRI

1. Metodă de compensare a fadingului pentru dispozitive portabile de mici dimensiuni, **caracterizată prin aceea că**, se bazează pe proprietățile de complementaritate în comportamentul fadingului la frecvențe de forma  $f_c$  și  $2f_c$  și utilizează semnalele singură antenă (1), acordată pe frecvențe de forma  $f_c$  și  $2f_c$ , care sunt transmise combinatorului cu diversitate spațială de la recepție (13).
2. Dispozitiv de compensare a fadingului pentru dispozitive portabile de mici dimensiuni alcătuit dintr-o antenă de emisie-recepție (1) cu un comutator (2), dintr-un generator de bandă (3), mixerele ridicătoare (4), oscilatorul local (5), un multiplicator (6), două amplificatoare (7), un sumator (8), un splitter (9), două amplificatoare (10), un mixer coborâtor (11) și blocul de prelucrare în frecvența intermediară (12), **caracterizat prin aceea că**, pentru compensarea fadingului multi-cale, utilizează o antenă dual-band (1), acordată pe frecvențe de forma  $f_c$  și  $2f_c$ , pentru modul de emisie (Tx) semnalele generate de generatorul (3) sunt trecute prin mixerele ridicătoare (4) pentru a fi înmulțite cu semnalele  $f_{OL}$ , respectiv  $2f_{OL}$ , provenind de la oscilatorul local (5), semnalul de frecvența  $2f_{OL}$  rezultând prin multiplicarea cu doi a semnalului de frecvența  $f_{OL}$  în multiplicatorul (6), cele două semnale de frecvențe  $f_c$  și respectiv  $2f_c$  fiind preluate de amplificatoarele APRF (7), însumate în sumatorul RF (8) și apoi transmise către antena (1).
3. Dispozitiv de compensare a fadingului pentru dispozitive portabile de mici dimensiuni, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, pentru modul de recepție (Rx) semnalul  $f_{RF}$  provenit de la antena (1) este distribuit de către splitterul RF (9) către amplificatoarele ARF1 și ARF2 (10), oscilatorul local (5) furnizează la recepție două frecvențe  $f_{OL}$  și  $2f_{OL}$ , în continuare, pe fiecare cale în parte, semnalele sunt prelucrate de un mixer coborâtor (11) și blocul de prelucrare în frecvența intermediară – FI (12), iar în final, semnalele sunt prelucrate în banda de bază de un combinator clasic de diversitate spațială (13).

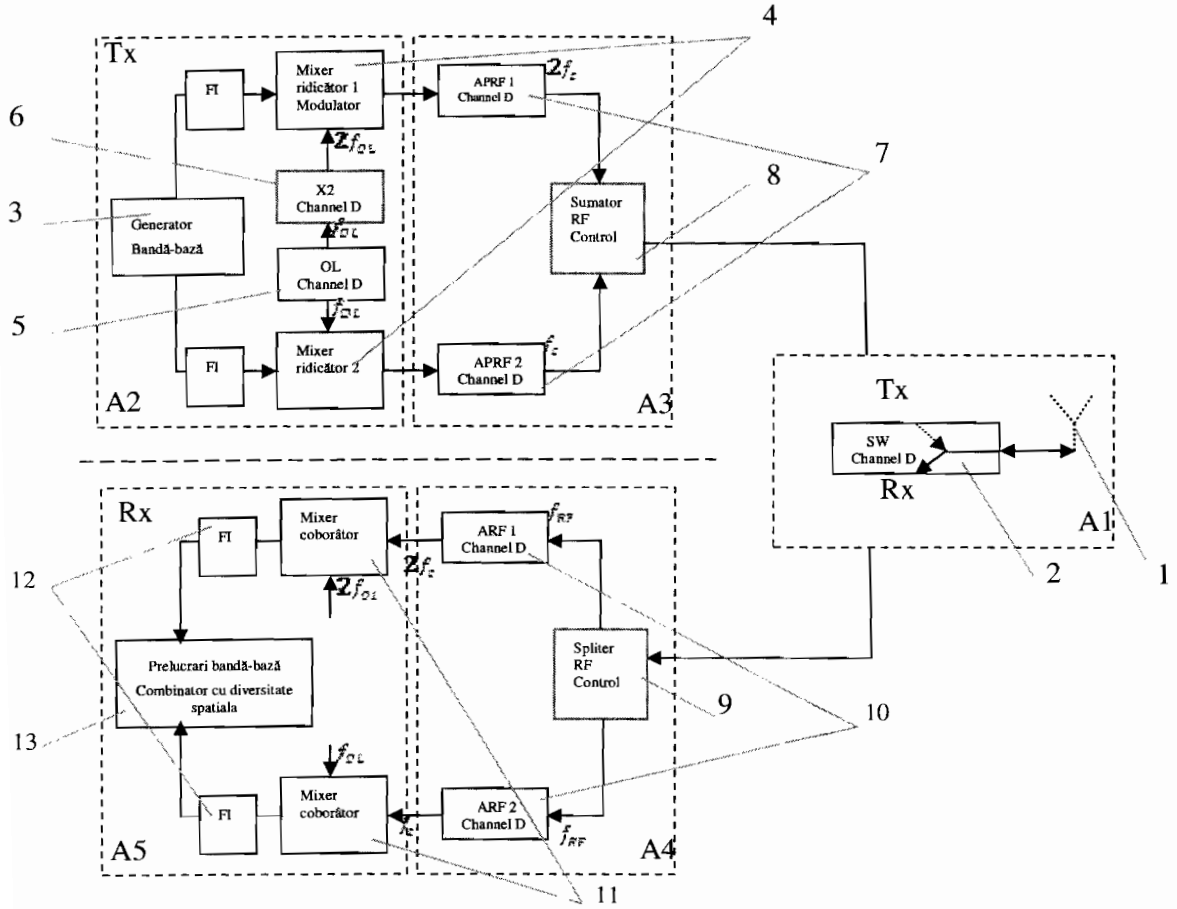


Figura 1

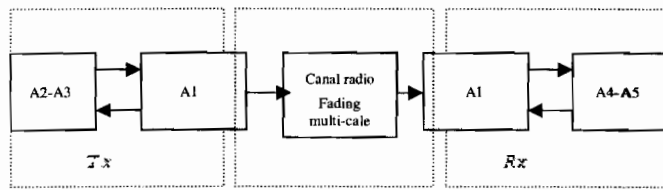


Figura 2