

**RAPORT
ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC**

CUPRINS

1. Algoritmi de formare digitală a diagramei de radiație (digital beamforming)	1-1
1.1. Beneficiile diversității spațiale	1-1
1.1.1. Câștig de șir	1-1
1.1.2. Câștigul de diversitate și scăderea ratei de eroare	1-3
1.1.3. Creșterea ratei de transfer a datelor	1-4
1.1.4. Creșterea acoperirii sau reducerea puterii de emisie	1-4
1.2. Tehnici de diversitate la recepție	1-5
1.2.1. Diversitatea prin selecție	1-5
1.2.2. Diversitatea prin umare optimală.....	1-7
1.3. Tehnici de formare a lobului	1-8
1.3.1. Formarea lobului pe baza direcției de sosire	1-8
1.3.2. Formarea lobului pe baza descompunerii în valori proprii.....	1-10
1.3.3. Concluzii.....	1-12
1.4. Strategii pentru formarea diagramei de radiație	1-13
1.4.1. Formarea diagramei de radiație	1-13
1.4.2. Soluții euristice descentralizate	1-15
1.4.3. Controlul puterii	1-19
1.4.4. Restricții suplimentare	1-20
1.4.5. Canale selective în frecvență cu formarea diagramei de radiație	1-21
1.5. Algoritmi pentru formarea optimală a diagramei de radiație	1-23
1.5.1. Algoritm bazat pe controlul puterii	1-23
1.5.2. Algoritm cu optimizare semidefinită	1-25
1.6. Compararea soluțiilor obținute prin folosirea celor doi algoritmi	1-23
1.6.1 Algoritmi pentru vectori de canal cunoscuți.....	1-28
1.6.2 Formarea diagramei de radiație robustă la zgomot.....	1-30
2. Estimarea capacității de trafic a unui sistem MIMO pe baza modelului generalizat de canal ..	2-1
3. Ghid de proiectare a sistemelor MIMO	3-1
3.1. Folosirea MIMO pentru echipamente de utilizator	3-1
3.2. Elemente de proiectare	3-3
3.2.1. Folosirea diversității	3-3
3.2.2. Izolarea	3-4
3.2.3. Soluția folosirii dielectricilor cu valoare ridicată	3-5
3.2.4. Simulări cu mai multe antene pe un PDA	3-7
4. Concluzii.....	4-1
5. Bibliografie	5-1

OBIECTIVE GENERALE

Proiectul își propune să elaboreze soluții privind modelarea canalelor MIMO, estimarea capacității de trafic a unui sistem MIMO, elaborarea unor algoritmi pentru transmisia eficientă pe canale MIMO, elaborarea unor algoritmi de formare digitală a diagramei de radiație a unui șir de antene (digital beamforming), descrierea în limbaj HDL a algoritmilor elaborați și testarea performanțelor lor.

OBIECTIVELE ETAPEI A IV-A

În conformitate cu Planul de realizare a proiectului în faza a patra a proiectului se propun și se analizează noi algoritmi de formare digitală a diagramei de radiație a șirurilor de antene (digital beamforming), se fac analize comparative ale capacității de trafic pentru sisteme MIMO folosind modelul generalizat de canal GeMoIS dezvoltat în etapele anterioare și se precizează etapele și condiționările necesare unei proiectări sistematice a sistemelor MIMO în cuprinsul unui ghid de proiectare a unor asemenea sisteme.

REZUMATUL FAZEI

Utilizarea mai multor antene atât la emisie cât și la recepție permite crearea mai multor canale independente în spațiu și reprezintă unul dintre cele mai interesante și promițătoare domenii din cadrul comunicațiilor wireless. Conceptul cheie este diversitatea spațială, ce poate fi realizată fără creșterea lățimii de bandă necesară atât tehnicilor de diversitate temporală cât și celor de diversitate în frecvență. În plus față de crearea diversității spațiale, șirurile de antene pot fi utilizate pentru a direcționa energia pe coordonatele dorite (tehnici de formare a lobului) sau pentru a crea canale paralele multiple (multiplexarea spațială).

În cazul în care sunt mai multe antene la recepție, sunt disponibile două forme de câștig: cel de diversitate și cel de șir. Câștigul de diversitate rezultă din crearea mai multor canale independente între emisie și recepție și este un rezultat al calităților statistice ale acelor canale. Câștigul de șir se bazează pe combinarea coerentă a energiilor recepționate de fiecare antenă în parte. Chiar dacă aceste canale sunt complet corelate raportul semnal/zgomot recepționat crește liniar cu numărul de antene de la recepție.

În condiții de raport semnal/zgomot foarte scăzut capacitatea crește liniar cu raportul semnal/zgomot. Multiplexarea spațială poate oferi o creștere liniară a ratei de transfer odată cu creșterea numărului de antene la nivelele ale SNR moderate spre ridicate, utilizând algoritmi de procesare de semnal sofisticati.

În cazul formării digitale a diagramei de radiație elementele de antenă sunt utilizate pentru a ajusta puterea semnalelor pe baza direcției acestora, în sens fizic sau în sens analitic. Această concentrare a energiei se realizează prin ponderarea puterii fiecărei antene pe baza unui anumit criteriu. Sunt prezentăm două clase principale de metode de formare a lobului: pe baza direcției de sosire – direcționare fizică, și pe baza descompunerii în valori proprii – direcționare analitică.

În condiții normale, algoritmul bazat pe controlul puterii este mai rapid, convergența se poate atinge folosind aproximativ 10 – 40 de iterații. Totuși, în cazul când un sistem este foarte încărcat, convergența poate fi foarte lentă și în unele situații, algoritmul s-ar putea să necesite câteva mii de iterații până când se va atinge convergența. În schimb, metoda semidefinită poate folosi aproximativ 10 – 40 de iterații în funcție de scenariul ales pentru formarea diagramei de radiație. Pentru că fiecare iterație are o mare complexitate, această metodă este mai lentă în situații normale, dar poate fi semnificativ mai rapidă pentru scenariii dificil de pus în practică.

Semnalele generate de modelul GeMoIS respectă în mare măsură cerința de necorelare, coeficienții de corelație dintre semnalele de pe diferitele căi de propagare având valori mai mici de 0,01. De asemenea, distribuția spectrală a puterii eșantioanelor acestora este cu mici excepții foarte apropiată de cea de tip Rayleigh.

Din analiza celor 5000 de eșantioane transmise pe fiecare din cele 24 de căi de propagare se observă diferențieri majore între ele. Astfel, pe 13 dintre acestea nu se pot realiza transmisii deoarece nivelul eșantioanelor este totdeauna sub valoarea de prag, pe două căi procentul de reușită este de sub 3%, pe alte două căi procentul de reușită este în jur de 30%, pe alte cinci căi procentul de reușită este între 62% și 82% și în sfârșit, pe două dintre căi toate cele 5000 de transmisii sunt reușite.

Prin aplicarea unui algoritm de formare optimală a diagramei de radiație se obține o îmbunătățire a nivelului de putere a eșantioanelor fiecărei căi în raport cu oricare din nivelurile subcăilor derivate și, ca urmare, procentul de transmisii reușite crește semnificativ: trei dintre au toate cele 5000 de transmisii reușite, una este cu un procent de reușită de 94%, una cu un procent de reușită de 62%, iar ultima cu un procent de reușite de 47%.

Ghidul de proiectare sintetizează etapele necesar a fi parcurse pentru proiectarea unui sistem MIMO, cu exemplificări pentru cazul antenelor montate pe un PDA.