

**RAPORT
ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC**

CUPRINS

1	Introducere	1-1
2	Metode de bază pentru formarea digitală a lobilor caracteristicii de radiație	2-1
2.1	Formarea caracteristicii de radiație	2-1
2.1.1	Definirea formării lobului de radiație	2-1
2.1.1	Tehnici de formare a caracteristicii de radiație	2-2
2.1.2	Soluții euristice descentralizate.....	2-3
2.2	Formarea digitală a caracteristicii de radiație.....	2-5
2.2.1	Tehnologii pentru formarea caracteristicii de radiație	2-5
2.2.2	Formarea caracteristicii cu elemente de antenă dispuse în spațiu.....	2-6
2.2.3	Formarea cu lobi în spațiu.....	2-7
2.3	Formarea adaptivă a caracteristicii de radiație	2-9
2.3.1	Principiile formării adaptive a caracteristicii de radiație	2-9
2.3.2	Formarea adaptivă a caracteristicii de radiație pentru un șir liniar	2-11
3	Tehnici de transmisie MIMO în buclă deschisă. Tehnici de diversitate	3-1
3.1	Diversitatea la recepție	3-1
3.2	Diversitatea la emisie	3-1
3.3	Multiplexarea spațială	3-2
4	Tehnici de transmisie în buclă închisă	4-1
4.1	Metode de obținere a CSIT	4-1
4.2	Canalul MIMO și modelarea CSIT	4-1
4.3	Sistem MIMO cu precodare liniară	4-2
4.4	Precodarea liniară	4-3
4.4.1	Criterii de construcție a matricei de precodare	4-3
4.4.2	Construcția matricei de precodare.....	4-3
5	Algoritmi adaptivi pentru formarea caracteristicii de radiație	5-1
5.1	Elemente de bază.....	5-1
5.2	Algoritmul celor mai mici medii pătratice, LMS	5-2
5.3	Algoritm folosind inversarea directă a matricei de covarianță	5-4
5.4	Algoritm recursiv folosind metoda celor mai mici pătrate.....	5-5
5.5	Algoritmi bazați pe rețele neuronale pentru procesarea adaptivă a semnalelor	5-6
5.6	Algoritmi de formare a lobilor cu adaptabilitate spațială.....	5-10
5.7	Obținerea semnalului de referință pentru sisteme de formare adaptivă și parțial adaptivă	5-12
6	Elaborarea condițiilor de proiectare a sistemelor MIMO	6-1
6.1	Condiții pentru realizarea antenelor la echipamente mobile	6-1
6.1.1	Aspecte generale	6-1
6.1.2	Tipuri de antene folosite pentru echipamente mobile	6-3
6.1.3	Soluții constructive	6-4
6.2	Implementarea unui sistem MIMO pe un laptop.....	6-6
6.2.1	Soluția pentru elementele radiante	6-6
6.2.2	Folosirea diversității.....	6-8
6.2.3	Izolarea între antene	6-8
6.2.4	Modul de amplasare a antenelor și bugetul legăturii	6-10
7	Adaptarea legăturii	7-1
8	Analiza performanței sistemelor MIMO	8-1
8.1	Influența ordinului de diversitate asupra performanțelor de eroare	8-1

Ghid de proiectare a sistemelor MIMO

8.2	Algoritmii de detecție în cazul codării V-BLAST	8-2
8.3	Capacitatea în sisteme MIMO	8-2
8.4	Efectul precodării asupra performanțelor de eroare	8-4
8.5	Influența tehnicii de codare asupra debitului util	8-5
8.6	Precodarea în transmisiile cu eficiență spectrală fixă	8-6
8.7	Adaptarea lungimii pachetului în funcție de starea canalului	8-7
8.8	Influența lungimii pachetului asupra debitului util	8-7
9	Măsurări experimentale.....	9-1
9.1	Condiții de măsură.....	9-1
9.2	Analiza rezultatelor experimentale.....	9-1
10	Concluzii	10-1
11	Bibliografie	11-1

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 V-A

În conformitate cu Planul de realizare a proiectului în faza a cincea, pe baza rezultatelor anterioare, se elaborează un ghid de proiectare a sistemelor MIMO în care se precizează etapele și condiționările necesare unei proiectări sistematice a unor asemenea sisteme.

REZUMATUL FAZEI

Algoritmii de transmisie MIMO sunt utilizați pentru îmbunătățirea performanțelor transmisiilor wireless fără a fi necesară suplimentarea de bandă sau creșterea puterii de emisie. Codarea STBC nu asigură câștig de codare, dar se poate beneficia de un ordin maxim de diversitate. Decodarea în sisteme codate spațio-temporal este simplă comparativ cu sistemele bazate pe multiplexare spațială. Redundanța din STBC asigură câștig de diversitate și îmbunătățește fiabilitatea legăturii. Este recomandată utilizarea acestor coduri pentru valori reduse ale raportului semnal/zgomot.

Multiplexarea spațială conduce la obținerea câștigului de multiplexare, deci legături caracterizate de o rată de transmisie a datelor mărită. Este recomandată utilizarea acestor tehnici de codare pentru valori ale raportului semnal/zgomot.

Cunoașterea canalului la partea de emisie asigură îmbunătățirea performanțelor transmisiei, atât în ceea ce privește performanțele de eroare, cât și capacitatea legăturii de comunicație wireless MIMO prin preprocesarea datelor înainte de a fi trimise. CSIT poate fi obținut fie pe baza principiului reciprocității, fie printr-un canal de feedback, în ambele cazuri informația fiind afectată de întârziere, de erori de măsurare sau erori de cuantizare.

CSIT total bazat pe măsurarea instantanee a canalului asigură cel mai mare câștig de precodare, dar este sensibil la variațiile canalului datorită întârzierii. CSIT bazat pe informație statistică (medie sau covarianță) asigură un câștig de precodare mai redus, dar este stabil pe perioade mai mari de timp. Dublarea numărului de antene de emisie, este eficientă pentru transmisiile cu CSIT (total și medie), în aceste condiții, diversitatea la emisie asigurând performanțe mai bune decât diversitatea de la recepție, în ciuda reducerii ratei de transmisie la jumătate. Diversitatea la recepție contribuie la reducerea ratei de eroare, dar câștigul asigurat de aceasta este mai redus decât în cazul transmisiilor fără CSIT.

Pentru transmisiile cu eficiență spectrală fixă, cunoașterea canalului la emisie conduce la o substanțială îmbunătățire a performanțelor de eroare pentru sisteme în care ordinul de diversitate de la emisie este mare.

Codurile bloc spațio-temporale nu îmbunătățesc valoarea maximă a throughput-ului pe legătură doar dacă sunt combinate cu scheme de adaptare a modulației și a codării. Pentru valori reduse ale SNR, datorită fiabilității legăturii pe care o asigură aceste coduri, debitul asigurat poate atinge și valori duble comparativ cu o transmisie SISO, și valori superioare raportate la o transmisie bazată pe multiplexare spațială. Pentru valori mari ale raportului semnal/zgomot, multiplexarea spațială asigură cele mai bune performanțe din punct de vedere al debitului.

Performanțele transmisiilor codate STBC sunt afectate de corelația între canale. Dacă există CSIT, transmisia poate să gestioneze resursele radio, alocând mai multă putere acelor subcanale mai puțin afectate de fading.

Alegerea unei configurații la transmisie depinde de tipul de feedback legat de canal disponibil la emisie, de cerințele aplicației și de capacitățile terminalului mobil. Lungimea pachetului de la nivelul MAC, este un parametru care poate fi adaptat în vederea creșterii debitului util pe legătură. Adaptarea legăturii va conduce la asigurarea unui debit maxim la nivel de utilizator, satisfăcându-se totodată cerințele legate de performanțele de eroare.