UNIVERSITE DE NANTES

FACULTE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES DE FES

ÉCOLE DOCTORALE

« SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION
ET DE MATHEMATIQUES »

Faculté des Sciences et Techniques
TF
Bibliothèque
297
FES - BALDE

Année 2009

Thèse de Doctorat

Spécialité Electronique

présentée et soutenue publiquement par

MOHAMED MAHMOUD OULD HAIBALLA

le 29 avril 2009
à la Faculté des Sciences et Techniques
Fès - Maroc

Traitement d'Antenne pour les Télécommunications - Localisation de Sources dans un Contexte CDMA -

Jury

Président	**Joseph SAILLARD,** Professeur des universités, IREENA, Ecole polytechnique de l'université de Nantes
Rapporteur	**Salah BOURENNANE**, Professeur des universités, Institut Fresnel, Marseille
Rapporteur	**Abdelmajid BADRI**, Professeur, Faculté des Sciences et des Techniques Mohammadia, Maroc
Examinateurs	**Hassan EL MARKHI**, Professeur, Faculté des Sciences et des Techniques Fès, Maroc
	Abdellah MECHAQRANE, Professeur, Faculté Sciences et des Techniques Fès, Maroc
	Pascal CHARGE, Maître de Conférences, LATTIS, INSA, Université de Toulouse
	Yide WANG, Professeur des universités, IREENA, Ecole polytechnique de l'université de Nantes
	Mohcine ZOUAK, Professeur, Faculté des Sciences et desTechniques Fès, Maroc

Directeur de thèse :
Yide WANG, Professeur des universités
Mohcine ZOUAK, Professeur, Faculté des Sciences et des Techniques de Fès, Maroc

Institut de Recherche en Electrotechnique et Electronique de Nantes Atlantique (IREENA EA 1770)
Ecole polytechnique de l'université de Nantes, La Chantrerie, Rue C. Pauc, BP 50609, 44306 NANTES CEDEX 3

N° ED 503-048

Résumé en français

Ce travail de thèse est consacré au développement de méthodes d'estimation des directions d'arrivée des signaux sources à partir d'une antenne multicapteurs. Dans cette étude, nous nous plaçons plus particulièrement dans le contexte des transmissions par étalement de spectre de type DS-CDMA. Les signaux utilisés dans ce type de systèmes, possèdent certaines caractéristiques qui sont liées à la modulation et au codage de l'information transmise. Dans ce cadre d'application, les signaux sources possèdent certaines propriétés statistiques telles que la non circularité et la cyclostationnarité. Ces deux propriétés se révèlent notamment par l'observation des moments du second ordre de ces signaux. Une autre caractéristique des signaux DS-CDMA est que les codes d'étalement sont connus au niveau du récepteur. L'originalité de notre contribution réside dans le développement de quelques techniques de localisation de sources, améliorées par l'exploitation conjointe de plusieurs propriétés des signaux DS-CDMA. Nous proposons dans ce mémoire de thèse de nouvelles méthodes exploitant les propriétés de cyclostationnarité et de non-circularité simultanément. Nous proposons aussi des techniques qui exploitent conjointement la connaissance a priori des codes d'étalement et la propriété de cyclostationnarité des signaux sources.

Titre et Résumé en Anglais

Array Signal Processing for Telecommunications
- Sources Localization in the DS-CDMA Context –

This thesis is devoted to the development and the study of direction-of-arrival estimation methods of sources with an array of antennas. In this study, we are interested in the source localization in the context of direct sequence spread spectrum CDMA (DS-CDMA) communications. Signals used in this context show some attractive statistical characteristics and properties, such as the non circularity and the cyclostationarity, related to their modulation and coding. These two properties can be observed by their second order moments. Another interesting characteristic of DS-CDMA signals is that the spreading codes are known at the receiver side. The originality of our contribution in this work is that we propose several new improved direction-finding methods, by the joint exploitation of statistical properties of CDMA signals. We first propose several new improved methods of sources localization which jointly exploit the non circularity and the cyclostationarity properties of the incoming CDMA signals. We also propose some new techniques to exploit simultaneously the a priori knowledge of the spreading codes and the cyclostationarity property of the signals.

Mots-clés : Traitement d'antenne - Localisation des sources - Systèmes DS-CDMA - Cyclostationnarité - Non-circularité.

Discipline : Electronique

N° (ne rien inscrire, attribué par la bibliothèque)

Table des matières

Notations **5**

Introduction générale **9**

1 Techniques d'accès multiples et étalement de spectre **15**

1.1 Introduction 15

1.2 Techniques d'accès multiples 16

1.2.1 L'Accès Multiple à Répartition en Fréquence (AMRF) ou FDMA . 16

1.2.2 L'Accès Multiple à Répartition dans le Temps (AMRT) ou TDMA . 17

1.2.3 L'Accès Multiple à Répartition par Codes (AMRC) ou CDMA . . . 17

1.3 L'étalement du spectre 19

1.3.1 Historique 19

1.3.2 Etalement du spectre par séquence directe 20

1.4 Les systèmes DS-CDMA 22

1.4.1 Système DS-CDMA synchrone sur un canal gaussien 22

1.4.2 Système DS-CDMA asynchrone 24

1.4.2.1 CDMA asynchrone sur un canal gaussien 24

1.4.2.2 Système DS-CDMA asynchrone sur un canal à trajets multiples 26

1.5 Conclusion 31

2 Techniques de localisation de sources par l'exploitation des propriétés statistiques des signaux sources **33**

2.1 Introduction 33

2.2 Généralités 33

2.3 Antennes multi-capteurs et matrice de covariance 36

2.4 Méthodes classiques de localisation de sources 38
2.5 Méthodes à Haute Résolution 40
2.5.1 Algorithme MUSIC 40
2.5.2 Méthode ESPRIT 41
2.6 Propriétés statistiques et goniométrie 43
2.6.1 Non-circularité 43
2.6.2 Localisation de sources non-circulaires 44
2.6.2.1 Modèle étendu 44
2.6.2.2 MUSIC Non-circulaire (NC-MUSIC) 44
2.6.2.3 ESPRIT non-circulaire 45
2.6.3 Cyclostationnarité 47
2.6.4 Localisation de sources cyclostationnaires 47
2.6.4.1 MUSIC cyclique 48
2.6.4.2 ESPRIT cyclique 49
2.6.4.3 MUSIC cyclique étendue 50
2.7 Exploitation de la propriété de codes 52
2.8 Conclusion 55

3 Exploitation conjointe de plusieurs propriétés statistiques 57
3.1 Introduction 57
3.2 Le modèle mathématique 57
3.3 MUSIC Non-Circulaire cYclostationnaire (NCY-MUSIC) 59
3.3.1 Résultats de simulation 60
3.4 ESPRIT Non-Circulaire cYclostationnaire (NCY-ESPRIT) 65
3.4.1 Résultats de simulation 69
3.5 Conclusion 73

4 Exploitation conjointe des propriétés statistiques des symboles et des codes d'étalement 75
4.1 Introduction 75
4.2 Goniométrie cyclique dans les systèmes DS-CDMA synchrones 76

4.2.1 Algorithme proposé 76
4.2.2 Résultats de simulation 77
4.2.3 Conclusion 79
4.3 Goniométrie cyclique dans les systèmes DS-CDMA asynchrones 80
4.3.1 ESPRIT cyclique pour les systèmes DS-CDMA asynchrones sur un canal gaussien 81
4.3.1.1 Résultats de simulation 84
4.3.2 Goniométrie cyclique dans les systèmes DS-CDMA asynchrones sur un canal à trajets multiples 86
4.3.3 Simulations 90
4.4 Conclusion 92

Conclusion générale **101**

A Génération des codes pseudo-aléatoires **105**
A.1 Séquences de Gold 105
A.2 Les codes orthogonaux à facteur d'étalement variable (OVSF) 106

B Statistiques de $\mathbf{d}_u[i]$ **107**

C Preuve de la formule (4.26) **109**

Références bibliographiques **111**