*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Institut D'electronique*
*Setif*

***Université Farhat ABBES***

THESE DE MAGISTER

***Par: Abdehamid MANSOURI***

***OPTION: COMMUNICATION***

THEME

# *METHODE DE NEWTON-RAPHSON POUR LA FACTORISATION SPECTRALE DES FILTRES A MOYENNE AJUSTEE*

Soutenu le: 10-01-1996 Devant le jury:

Messieurs:

| | |
|---|---|
| Abdelatif SAID | President |
| Khier BENMAHAMMED | Rapporteur |
| Farid DJAHLI | Examinateur |
| Hmimi CHEMALI | Examinateur |

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

Ts 4/2531

# SOMMAIRE

Page

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 FILTRAGE NUMERIQUE 4

A) FILTRE A COEFFICIENTS CONSTANTS 4

. Réalisation récursive et non récursive

1 REALISATION DIRECTE 6

1.1 Réalisation des systèmes IIR 6

. Forme directe 1

. Amélioration: Forme canonique

1.2 Réalisation des systèmes FIR 8

. Cas particulier: Réalisation symétrique

2 REALISATION INDIRECTE 9

. Sensibilité des formes directes

2.1 Réalisation en cascade 10

2.2 Réalisation en parallèle 11

3 REALISATION TRANSPOSEE 14

4 REALISATION EN TREILLIS 13

. Utilisation du modèle

4.1 Transformation des structures FIR en treillis non récursif 15

. Signal de sortie $y(n) = f_m(n)$ de la chaîne supérieure

. Signal de sortie $g_m(n)$ de la chaîne inférieure

. Equation matricielle d'un étage en treillis

. Formules récursives de détermination des coefficients $\alpha_k(m)$ de la forme directe FIR étant donné ceux de réflexion $C_k$

. Détermination des coefficients $C_k$ du filtre en treillis à partir des $\alpha_k(m)$ $(1 \leq k \leq m)$

4.2 Transformation des structures IIR en treillis récursif 19

. Cas particulier à deux étages

. Cas général à m étages

. Avantages des filtres en treillis

5 REALISATION EN ECHELLE 23

. Détermination des paramètres de réflexion $C_k$

. Détermination des paramètres de pondération $\nu_m$

5.1 Algorithme de transformation de la forme canonique IIR en échelle 25

. Conclusion 28

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

6 IMPLEMENTATION MATRICIELLE NON PLANAIRE DES FILTRES IIR 28
. Implémentation matriçielle planaire unidimentionnelle
. Implémentation matriçielle non planaire unidimentionnelle
. Système cylindrique
. Système elliptique
. Réalisation des filtres
. Implémentation matriçielle non planaire bidimensionnelle
. Conclusion 31
B) FILTRES A COEFFICIENTS VARIABLES 32
. Egalisateurs adaptés . Annulateurs d'écho

**CHAPITRE 2 APPROXIMATIONS DES SYSTEMES LINEARES** 33
. Corrélation . Signaux d'énergie . Bruit blanc
. Stabilité d'un filtre.
2.1 REALISATION DES FILTRES RECURSIFS 35
2.1.1 Utilisation de l'information du premier ordre dans l'approximation des systèmes LTIDT 35
. Problème d'interpolation ( Méthode d'approximation de Padé) 36
. Technique de réalisation directe des filtres numériques IIR 37
. Méthode de résolution 39
. Exemple d'un filtre passe-bas de Butterworth 40
. Conclusion 45
. Amélioration
2.1.2 Utilisation de l'information du second ordre dans l'approximation des systèmes LTIDT 46
. Proposition 1 ( Mullis et Roberts )
. Problème d'approximation de moindre carré 47
. Problème de moindre carré modifié 48
. Relation entre le problème modifié et celui de l'approximation $\ell_2$ canonique 50
. Proposition 2
. Relation entre le problème modifié et l'interpolation du second ordre 51
2.2 NOTIONS PRELIMINAIRES POUR LA DESCRIPTION DES SYSTEMES LTIDT 52
. Contrôlabilité. Observabilité. Réalisation minimale
2.2.1 Description avec les variables d'états 53
. Equations d'états à partir d'équations aux différences 54

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

. Etat du système 54
. Solutions des équations d'états 56
. Matrice de covariance 57
. Propriétés de la matrice de covariance $\hat{K}$ 58
. Equation de Lyapunov ( ou Grammien ) 58
. Calcul des fonctions de réponse impulsionnelle et d'autocorrélation en fonction de ( $\hat{A},\hat{b},\hat{C},\hat{D}$) 59
. Calcul de la densité spectrale de puissance $S(\omega)$ 61
. Exemple de calcul des éléments de la matrice de covariance $K(m,n)$
. Condition de compatibilité et test de stabilité 63
. Légère amélioration du théorème de stabilité de Lyapunov
. Remarques 65
. Fonction de transfert à partir des équations d'états 66
. Transformation d'état 67
. Equation caractéristique et matrice de contrôlabilité 67
2.3 PROPRIETES DU PROBLEME MODIFIE 69
2.3.1 Coût minimal en fonction des coefiçients du numérateur du filtre ARMA
. Lemme 1 71
. Vérification du lemme 1 72
2.3.2 Coût minimal en fonction des coefiçients du dénominateur du filtre ARMA 73
. Lemme 2 73
. Utilisation du lemme 2 pour la caractérisation de l'approximation de moindre carré modifié 73
2.3.3 Propriétés 74

CHAPITRE 3 ALGORITHMES RECURSIFS UTILISANT L'INFORMATION DU SECOND ORDRE 85
3.1 Prédiction linéaire et équations de Yule-Walker 85
3.2 Algorithme de LEVINSON-DURBIN 87
. Signification du problème $R\ a = \alpha\ \psi$ auquel l'algorithme de Lévinson est appliqué 90
. Résultats et interprètation 96
3.3 Algorithme de JURY 98
. Résultats et interprètation 101
3.4 Calcul de l'information du second ordre des filtres récursifs 102
3.5 Un algorithme pour le problème modifié 104

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

3.5.1 Cas particulier pour m = n 104
. Exemple d'application 1 107
3.5.2 Cas m ≠ n et une interprètation du Grammien 108
. Lemme 3 109
. Résultats du cas m ≠ n de l'exemple 1 (suite) 110
3.6 Le problème d'interpolation du second ordre 110
. Résultats du cas m ≠ n de l'exemple 1 (suite) 112
. Exemple d'application 2 117
. Exemple d'application 3 118
. Conclusion 119

**CHAPITRE 4 MATRICE DE JURY ET METHODE DE NEWTON-RAPHSON POUR LA FACTORISATION SPECTRALE A MOYENNE AJUSTEE (MA)** 121
4.1 Introduction 121
4.2 Méthode de Newton-Raphson (N-R) 123
4.2.1 Propriètés de la méthode de N-R 125
4.3 METHODE DE RESOLUTION MATRICIELLE 127
4.3.1 Algorithme pour la résolution d'un système d'équation de Jury 127
. La matrice de Jury S(h) 127
. Caractérisation des valeurs propres de S(h) 128
. Déterminant de S(h) 128
. Théorème . Preuve
. Factorisation de S(h) 128
. Résolution du système d'équations de Jury: r = Δh S(h) 130
. Propriétés de phase minimale 133
. Résultats et interprètation 133
4.4 METHODE DE RESOLUTION POLYNOMIALE 140
4.4.1 Algorithme symètrique d'Euclide 140
4.4.2 Méthode de Newton-Raphson pour la factorisation spectrale à moyenne ajustée utilisant Euclide 142
. Résultats et interprètation 144
. Conclusion 152

**CONCLUSION ET PERSPECTIVES** 153
**ANNEXE** 156
**BIBLIOGRAPHIE** 159
**REFERENCES**

BIBLIOTHEQUE DU CERIST