

TRAITEMENT
DU SIGNAL
ET DE L'IMAGE

Information - Commande - Communication

Signal et télécoms

sous la direction de
Philippe Loubaton

Hermes

Lavoisier

Table des matières

Avant-propos	15
Philippe LOUBATON	
Chapitre 1. Egalisation aveugle	17
Inbar FIJALKOW et Karim ABED-MERAIM	
1.1. Introduction	17
1.1.1. Intérêt de l'égalisation aveugle	17
1.1.2. Formulation du problème	18
1.1.3. Structures d'égalisation	20
1.1.4. Historique et plan du chapitre	21
1.2. Egalisation à l'aide de statistiques d'ordre supérieur	21
1.2.1. Egalisation linéaire directe à RIF	22
1.2.1.1. Principaux critères	23
1.2.1.2. Optimisation des critères	26
1.2.1.3. Minimums locaux	26
1.2.2. Egalisation directe avec des structures alternatives	27
1.2.3. Identification	27
1.3. Diversité spatio-temporelle	28
1.3.1. Identifiabilité et inversibilité	30
1.3.2. Identification	32
1.3.2.1. Méthode du maximum de vraisemblance	33
1.3.2.2. Méthode sous-espace	36
1.3.2.3. Méthode utilisant le cyclospectre	38
1.3.3. Egalisation directe	39
1.3.3.1. Méthode du sous-espace source	39
1.3.3.2. Méthode des égaliseurs mutuellement référencés (EMR)	41
1.3.3.3. Méthode de prédiction linéaire (PL)	42
1.3.3.4. Méthodes aux ordres supérieurs	44
1.3.3.5. Méthodes mixtes	47

1.4. Conclusion	47
1.5. Bibliographie	49
Chapitre 2. Turbodétection et turbo-égalisation	55
Annie PICART, Christophe LAOT, Catherine DOUILLARD	
2.1. Introduction	55
2.1.1. Schéma de principe de la chaîne de transmission	56
2.1.2. Canal discret équivalent	56
2.2. La turbodétection	60
2.2.1. Détection optimale de symboles	60
2.2.2. Principe de la turbodétection	64
2.2.3. Pondération de la décision en sortie du détecteur de symboles et du décodeur de canal	65
2.2.3.1. Cas de la première itération	65
2.2.3.2. A partir de la deuxième itération	70
2.2.4. Mise en œuvre du turbodétecteur	73
2.2.5. Performances du turbodétecteur	75
2.2.5.1. Performances sur canal gaussien	75
2.2.5.2. Performances sur canal de Rayleigh	76
2.2.5.3. Performances sur canal GSM	78
2.3. Turbo-égalisation	80
2.3.1. Introduction	80
2.3.2. La chaîne de transmission	81
2.3.3. Structure du turbo-égaliseur	82
2.3.3.1. Structure de l'égaliseur	83
2.3.3.2. Entrelacement	86
2.3.3.3. Convertisseur symbole à binaire (CSB)	86
2.3.3.4. Décodeur de canal à sortie pondérée	89
2.3.3.5. Convertisseur binaire à symbole (CBS)	89
2.3.4. Performances du turbo-égaliseur	90
2.3.4.1. Canaux invariants dans le temps	91
2.3.4.2. Canaux variant dans le temps	94
2.3.5. Perspectives en turbo-égalisation	96
2.4. Bibliographie	96
Chapitre 3. Une approche signal des systèmes multiporteuses OFDM	99
Marc DE COURVILLE et Bertrand MUQUET	
3.1. Introduction : la modulation OFDM au cœur des systèmes à haut débit	99
3.2. Modélisation numérique des systèmes multiporteuses	103
3.2.1. Modulation multiporteuses : vision continue, cas idéal sans canal	103
3.2.2. Passage à une modélisation discrète basée sur les transmultiplexeurs	107

3.2.3. Cas particuliers de transmultiplexeurs : banc de filtres modulés par une TFD	112
3.2.4. Cas particuliers de transmultiplexeurs où le modulateur se réduit à une transformée scalaire	113
3.2.5. Commentaires à propos du suréchantillonnage et de son influence sur la modélisation discrète	114
3.2.6. L'opération duale : modélisation discrète du démodulateur à l'aide d'un banc de filtres d'analyse	115
3.3. Les précodeurs redondants : une solution pour simplifier l'égalisation	116
3.3.1. Modélisation vectorielle du canal	118
3.3.1.1. Expression de la matrice polyphase de filtrage	118
3.3.1.2. Modélisation scalaire vectorielle de la convolution	119
3.3.2. Deux approches duales pour réaliser une égalisation simple du canal	121
3.3.2.1. Deux manières de rendre une convolution circulaire	124
3.3.2.2. Suppression de l'IEB	125
3.3.2.3. Effet de l'annulation de l'IEB sur l'IES	125
3.3.2.4. Repliement de la matrice d'IES en une matrice circulaire	127
3.3.2.5. Dualité des systèmes CP-OFDM et ZP-OFDM présentés	130
3.3.2.6. Une vision système de ces structures d'égalisation rapides	132
3.3.3. Un égaliseur pour le modulateur ZP-OFDM garantissant la récupération des symboles émis	133
3.3.4. Une structure rapide garantissant la récupération des données	135
3.3.5. Estimation du canal de propagation	139
3.4. Cyclostationnarité dans les systèmes OFDM à précodeur redondant	140
3.4.1. Cyclostationnarité et calcul de spectre	140
3.4.1.1. Non-stationnarité du signal émis : cas du CP-OFDM	141
3.4.1.2. Définitions générales sur la cyclostationnarité	141
3.4.1.3. Le spectre intuitif correspond au cyclopectre d'ordre 0	143
3.4.1.4. Les modulateurs CP-OFDM et ZP-OFDM génèrent un signal cyclostationnaire	144
3.4.2. Identification aveugle du canal de transmission : méthode directe pour le modulateur CP-OFDM	147
3.4.3. Identification aveugle du canal de transmission : méthode sous-espace pour le modulateur ZP-OFDM	149
3.4.3.1. Démonstration de l'unicité	152
3.4.3.2. Algorithme pratique	153
3.5. Conclusion : perspectives scientifiques	155
3.6. Bibliographie	156

Chapitre 4. Méthodes de filtrage spatial et spatio-temporel pour les télécommunications	163
Philippe FORSTER et Jean-François DIOURIS	

4.1. Introduction	163
4.1.1. Notations	164
4.1.2. Modélisation du canal multicapteur	164
4.1.3. Canaux non sélectifs en fréquence	165
4.2. Filtrage spatial en canal de Rayleigh	166
4.2.1. Filtrage spatial optimal : le filtre adapté spatial	167
4.2.1.1. Maximisation du RSIB	168
4.2.1.2. Minimisation de l'EQM entre le signal utile et la sortie du filtre spatial	169
4.2.1.3. Estimation du signal utile au sens du maximum de vraisemblance	170
4.2.1.4. La sortie du filtre adapté comme statistique suffisante	171
4.2.1.5. Utilisation du filtre adapté spatial dans des problèmes d'égalisation multicapteurs	172
4.2.2. Filtre adapté spatial et réjection d'interférences	172
4.2.3. Estimation du filtre adapté spatial à l'aide d'une réplique	175
4.2.4. Synchronisation multicapteur en canal de Rayleigh	177
4.2.4.1. Test du rapport de vraisemblance généralisé	178
4.2.4.2. Estimateurs du maximum de vraisemblance sous les deux hypothèses	179
4.2.4.3. Expression et interprétation du TRVG	179
4.2.4.4. Loi de la quantité test \widehat{RSBI} du TRVG dans l'hypothèse H_0	180
4.2.4.5. Loi de la quantité test \widehat{RSBI} du TRVG dans l'hypothèse H_1	181
4.3. Filtrage spatio-temporel pour les canaux sélectifs en fréquence	183
4.3.1. Rappel sur les canaux sélectifs en fréquence	184
4.3.1.1. Canal sélectif en fréquence	184
4.3.1.2. Retards résolus	185
4.3.2. Comparaison des performances en réjection de brouilleurs des filtres spatiaux et spatio-temporels	185
4.3.2.1. Pouvoir de réjection d'un filtre spatio-temporel	186
4.3.2.2. Pouvoir de réjection d'un filtre spatial	186
4.3.3. Egalisation spatio-temporelle	187
4.3.3.1. L'égaliseur linéaire	188
4.3.3.2. Le DFE	190
4.3.3.3. Le MLSE	191
4.4. Diversité de réception sur un réseau d'antennes	192
4.4.1. Les différentes méthodes de combinaison	193
4.4.1.1. La combinaison par sélection	193
4.4.1.2. La combinaison optimale	194
4.4.1.3. Sélection et combinaison optimale	194
4.4.2. Performances des techniques de diversité dans le cas de branches indépendantes et de même puissance	194
4.4.2.1. Statistique du rapport signal sur bruit	195

4.4.2.2. Etude de la réduction des évanouissements	195
4.4.2.3. Performance en probabilité d'erreur moyenne	196
4.4.3. Performances de la diversité dans le cas général	197
4.4.3.1. Modèle des signaux	198
4.4.3.2. Statistique des rapports signal sur bruit	199
4.4.3.3. Expression de la probabilité d'erreur moyenne	200
4.4.3.4. Application à deux branches corrélées	200
4.4.3.5. Coefficient de variation	202
4.4.4. Influence des paramètres physiques	202
4.4.4.1. Cas de deux antennes identiques espacées	203
4.4.4.2. Cas d'une diversité de polarisation	203
4.4.5. Diversité d'espace et de trajets (RAKE2D)	205
4.4.5.1. Un modèle de transmission à étalement de spectre	206
4.4.5.2. Récepteur à diversité d'espace et de trajet	206
4.4.5.3. Influence des paramètres physiques	208
4.4.6. Conclusion sur la diversité	210
4.5. Bibliographie	210
Index	213