

Etude d'une détection efficace des signaux QAM dans un environnement d'interférence électromagnétique

Mustapha Hamza, étudiant 3^e cycle

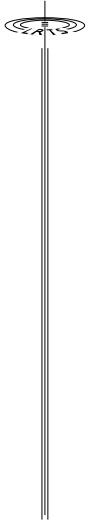
Paul Fortier, directeur de recherche

Huu Tuê Huynh, codirecteur de recherche

Abstract: The present work is devoted to the evaluation of the performance of M-QAM multicarrier systems operating in a non-Gaussian environment, having Middleton class A man-made noise statistics. We show that this type of modulation preserves the general characteristics of the disturbances while amplifying the original impulsive index. Due to this remarkable fact, noise at the receiver output behaves like a Gaussian one, when the number of subcarriers increases, which represents an advantage for OFDM to combat impulsive noise. To improve the overall performances, we look at three different approaches of detection. The first uses a matched filter in the reception. The second generalizes the binary structure proposed by Spaulding and Middleton to an M level QAM detector. This approach, despite a significant improvement, is unfortunately not appropriate for practical realisations, because it requires sampling the received signal in RF. We then propose a third approach using the corresponding baseband signal.

Résumé: On s'intéresse dans ce travail à la performance des systèmes multiporteuses M-QAM dans un environnement d'interférences électromagnétiques, ayant les statistiques caractérisées par le modèle de la classe A de Middleton. On démontre que ce type de modulation conserve les caractéristiques générales des perturbations tout en amplifiant l'indice impulsionnel original. Cette propriété remarquable approche les statistiques du bruit à la sortie du récepteur des caractéristiques gaussiennes. Pour améliorer cette performance, on s'intéresse à trois approches différentes de détection. La première utilise un filtre adapté à la réception. La deuxième généralise la structure binaire proposée par Spaulding et Middleton à un détecteur QAM à M niveaux. Cette dernière, malgré une amélioration importante, ne convient malheureusement pas à des réalisations pratiques, car il faut échantillonner le signal reçu dans le domaine RF. Nous proposons alors comme troisième approche d'utiliser le signal de bande de base correspondant.

Avec les développements spectaculaires de la technologie de l'information, les années 80 ont vu le bouleversement du monde des télécommunications, les infrastructures bien établies pour les systèmes analogiques se modifiant au fur et à mesure que les systèmes numériques pénètrent agressivement le monde des communications. Les systèmes comme l'ISDN, les fibres optiques et l'ATM permettent à des réseaux globaux de communications de transmettre de l'information à des débits très élevés.



Sur le plan théorique, depuis la fondation de N. Wiener et C. Shannon, les messages comme les perturbations additives sont souvent modélisés par des processus aléatoires stationnaires. Depuis lors, de nombreux travaux de recherche en communication supposent de facto que le bruit est gaussien blanc. Cette approche conduisait à des résultats intéressants. Toutefois elle ne peut pas être toujours utilisée pour des situations pratiques. En effet, dans les systèmes de communications à larges bandes, on rencontre très souvent des interférences additives caractérisées par des impulsions de très grande amplitude et de courte durée qui ne sont pas reliées au bruit thermique du récepteur. Il s'agit souvent du bruit atmosphérique et du bruit industriel. Les travaux de recherche traitant le bruit impulsionnel ont commencé au début des années 60.

Au début des années 70, D. Middleton [1], [2] a développé un modèle pour décrire ce type de bruit. En effet, il a identifié trois classes selon la largeur de la bande du bruit vis-à-vis de la largeur de bande du récepteur.

Afin de remédier à la difficulté de la transmission à haut débit binaire, une utilisation optimale du spectre de fréquence consiste à répartir l'information à transmettre sur un grand nombre de sous-porteuses orthogonales. Chaque sous-porteuse est modulée à bas débit binaire de façon à rendre le canal de transmission non sélectif en fréquences. Cette technique de multiplexage fréquentiel des sous-canaux orthogonaux est appelée OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) [3].

La technique OFDM a été utilisée dans plusieurs systèmes de télécommunications, notamment dans les systèmes militaires HF à la fin des années 60 [4], [5]. Toutefois, leur complexité empêche la commercialisation.

Au début des années 70, Weinstein et Ebert [3] ont montré qu'il est possible de synthétiser les opérations de modulation et de démodulation OFDM par des techniques de transformées de Fourier. La complexité de calcul peut être réduite considérablement en utilisant des algorithmes de transformées de Fourier rapides (FFT).

Dans ce travail, on examine le comportement des systèmes OFDM opérant dans un environnement répondant au modèle de Middleton; les résultats obtenus sont présentés dans [6], [7]:

- La technique OFDM n'affecte que l'indice impulsionnel d'un bruit de classe A. En effet, l'utilisation de N sous-porteuses multiplie l'indice impulsionnel par ce nombre de sous-porteuses N , de telle façon qu'on aura un bruit impulsionnel d'indice NA .

- Dans une détection à filtre adapté, plus l'indice impulsionnel augmente, meilleure est la détection. Donc l'utilisation de l'OFDM se justifie pour améliorer la performance. En effet, plus le nombre de sous-porteuses augmente, plus on améliore la détection.

- Il y a une interaction entre l'indice impulsionnel et le rapport des puissances gaussiennes et impulsionnelles. En effet, pour des valeurs faibles de A , augmenter β détériore la performance, alors que pour des valeurs élevées de A , augmenter β permet d'améliorer la performance.

- Dans une détection optimale plus le nombre d'échantillons E est grand, plus on augmente la performance de la détection.

- La comparaison entre les deux méthodes de détection permet d'affirmer la nette supériorité de la détection optimale pour les valeurs de SNR inférieures à 20 dB. En effet la borne supérieure trouvée pour la détection optimale est inférieure à la probabilité d'erreur d'une détection avec filtre adapté.

- La transposition en bande de base du signal reçu permet d'obtenir des résultats comparables à ceux obtenus en HF, avec l'avantage de la simplification du problème de décision en diminuant de $M(M-1)/2$ à $\sqrt{M}(\sqrt{M}-1)$ le nombre d'hypothèses.

L'étude que nous avons présentée était théorique. D'un point de vue pratique, il serait intéressant d'effectuer des mesures pour connaître les paramètres du bruit. En effet, une meilleure connaissance de A et β permet d'obtenir une valeur minimale de N pour une performance désirée.

Références

- [1] D. Middleton, "Statistical-physical models of urban radio-noise environments - Part I: Foundations," IEEE Transactions Electromagn. Compat., Vol. EMC-14, pp. 38-56, mai 1972.
- [2] D. Middleton, "Man-made noise in urban environments and transportation systems models and measurements", IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-21, No 11, novembre 1973.
- [3] S. B. Weinstein et P. M. Ebert, "Data transmission by frequency-division multiplexing using the discrete Fourier transform", IEEE Transactions on Communication Technology, Vol. COM-19, No 5, pp. 628-634, octobre 1971.
- [4] M. L. Doelz, E. T. Heald et D. L. Martin, " Binary data transmission techniques for linear systems", Proceeding IRE, Vol. 45 , pp. 656-661, mai 1957.
- [5] G. C. Porter, "Error distribution and diversity performance of a frequency differential PSK HF modem", IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-16. No. 4, pp. 567-575, août 1968.
- [6] H. T. HUYNH, P. FORTIER, M. HAMZA, "Performance of Multicarrier Systems in a non-Gaussian Environment", 19th Biennial Symposium on Communications, Kingston, Ontario, 31 mai au 3 juin 1998.
- [7] M. HAMZA, H. T. HUYNH, P. FORTIER, "Optimal Detection of QAM in a Man-Made Noise Environment", 1999 Vehicular Technology Conference, Houston, 16-20 mai, 1998.

