

Influence du bruit impulsionnel sur les communications numériques en codulation

Michel Jacob, étudiant 3^e cycle

Dr Paul Fortier, directeur de recherche

Abstract: Digital communications systems are designed under the hypothesis that noise degrading communication is classical white gaussian noise. However, it is widely accepted that interference may originate from noise sources other than gaussian. It therefore becomes necessary to consider other interference models if realistic estimates of system performance are to be obtained. This work analyses the performance of a coded-modulation system in presence of a generalized stationary impulsive noise process, with a receiver designed to operate as a maximum-likelihood detector in white gaussian interference. Methods to bound the error probability for multiple phase/amplitude systems are investigated.

Résumé: La conception des systèmes de communications numériques est fondée sur l'hypothèse que le bruit à l'origine des interférences est un processus classique de bruit blanc gaussien. D'autre part, l'on sait que les sources d'interférence varient selon leur nature. Il est donc nécessaire d'utiliser d'autres hypothèses pour le modèle statistique du bruit si l'on désire avoir des estimés réalistes de la performance du système de communications. Cette thèse étudie la performance des systèmes de communications numériques en codulation, avec récepteur à vraisemblance maximale soumis à un processus stationnaire de bruit impulsionnel. Nous définissons le modèle statistique pour ce type de bruit et proposons une méthode de calcul de la borne supérieure de la probabilité d'erreur pour des systèmes à commutation de phase ou d'amplitude.

Un canal de communications est soumis à une foule d'aléas qui causent inévitablement des erreurs dans le message obtenu au récepteur. Si l'on ne peut éliminer complètement l'occurrence des erreurs, on peut néanmoins agir au niveau de la conception du système de communications afin de minimiser l'effet de ces aléas, c'est-à-dire du bruit, sur le message transmis.

Plus précisément, le caractère aléatoire des perturbations oblige le concepteur à recourir, dans cet effort de minimisation, à un modèle statistique pour caractériser le bruit. À partir de ce modèle, il peut effectuer des calculs qui lui permettent d'obtenir, sinon une valeur exacte, à tout le moins une borne supérieure de la probabilité d'erreur. Dans cette dernière éventualité, le travail de minimisation consiste à déterminer la borne supérieure la plus fine possible, c'est-à-dire celle qui soit la plus rapprochée de la "vraie" valeur. Cependant, nous imaginons bien que tout

cet exercice n'a de sens que si nous utilisons dès le départ un modèle adéquat pour caractériser le bruit, ceci afin de tirer un estimé réaliste de la probabilité d'erreur.

Bien des méthodes développées pour évaluer la probabilité d'erreur dans un système de communications numériques utilisent l'hypothèse que le bruit qui perturbe le message transmis est un processus de bruit blanc gaussien [1]. Cette hypothèse n'est pas sans fondement. D'une part, le bruit thermique produit par les composantes de l'émetteur et du récepteur est représenté adéquatement par une variable aléatoire gaussienne. D'autre part la théorie des probabilités nous enseigne que la densité de probabilité de la somme de n variables aléatoires indépendantes tend vers une densité gaussienne quand n croît indéfiniment. Ce principe peut être utilisé dans le cas des systèmes de communications car l'on peut imaginer biens des situations où une multitude de phénomènes aléatoires indépendants combinent leur effet pour perturber le canal de transmission.

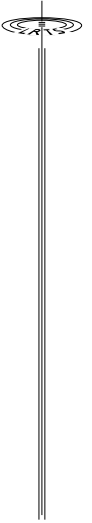
Cependant, il est des situations où les statistiques du bruit sont "principalement" non-gaussiennes. Par exemple, il est reconnu que le bruit affectant les communications radio est un bruit impulsionnel qui consiste en une suite d'impulsions de durée et d'amplitude diverses, survenant aléatoirement dans le temps. Comment modélise-t-on les statistiques de ces perturbations? Qu'advient-il de la probabilité d'erreur en sortie d'un détecteur à vraisemblance maximale optimisé sous l'hypothèse d'un bruit gaussien?

Cette thèse a pour but de répondre à ces questions, dans le contexte particulier d'un système de communications numériques en codulation multi-phases/amplitudes soumis à un processus de bruit impulsionnel. Pour représenter ce dernier, nous utilisons le modèle généralisé du processus de bruit impulsionnel proposé par Middleton [2]:

$$X_N(t;a) = \sum_{m=0}^N a_m u(t-t_m; \tau_m) \cos \phi_m \quad (t_0 < t < t_0 + T) \quad (1)$$

Dans (1), le processus $X_N(t;a)$ est la combinaison linéaire d'une quantité aléatoire N de signaux $u(t)$ d'amplitude a_m , de durée τ_m , survenant aux instants t_m . Le facteur $\cos \phi_m$ donne son signe "+" ou "-" à l'impulsion. À titre d'exemple, l'expression (1) a été utilisée dans des travaux antérieurs [3], où l'on supposait les signaux $u(t)$ des impulsions de Dirac dont le nombre N est une variable de Poisson, les amplitudes a_m , des variables gaussiennes indépendantes et identiquement distribuées, et les instants d'occurrence t_m , des variables uniformes et indépendantes sur l'intervalle $[t_0, t_0 + T]$. L'expression de $X_N(t;a)$ offre donc l'avantage de la généralité et d'autres interprétations sont possibles, suivant les statistiques que l'on "colle" aux paramètres N , a_m , etc.

Dans cette thèse, nous examinons des formes alternatives d'application de l'expression de $X_N(t;a)$ à un système de communications numériques en codulation. La codulation combine le codage et la modulation des signaux numériques et peut être considérée comme une innovation majeure. En traitant de l'influence du bruit impulsionnel sur les communications faites à



partir de cette technique, notre thèse devrait constituer une suite logique à des travaux similaires effectués antérieurement, mais portant sur les formes conventionnelles de modulation des signaux numériques.

- [1] Viterbi, A. J. et J. K. Omura, “Principles of Digital Communication and Coding”, New-York, Mc Graw-Hill, 1979.
- [2] Middleton D., “An Introduction to Statistical Communication Theory”, New-York, Mc Graw-Hill, 1960.
- [3] Huynh, H. T. et M. Lecours, “Impulsive Noise in Noncoherent M-ary Digital Systems”, IEEE Trans. Commun. Technol. (Concise Papers), vol. COM-23, pp. 246-252, février 1975.