

Performance du QPSK sur un réseau micro-cellulaire à large bande avec modélisation gaussienne de l'effet du profil de délai

Assia Semmar, étudiante 3^e cycle

Dr Michel Lecours, directeur de recherche

Dr Huu Tuê Huynh, co-directeur de recherche

Abstract: The fading caused by the multipath and the effect of delay spread affect digital communications channels by introducing intersymbol interferences. ISI appears when the root-mean-squared (rms) delay spread is significant in comparison to the transmitted bits duration [1] and results in an irreducible error probability. We develop in this work the performance of digital radio-communications with QPSK modulation on the basis of analytical techniques developed by [2,3] and the use of gaussian approximations to describe the effect of the interferences.

Résumé: Les évanouissements causés par les trajets multiples et l'effet du profil de délai dégradent les canaux de communications numériques en introduisant des interférences intersymboles. Ces phénomènes se manifestent quand la valeur quadratique moyenne du profil de délai est significative par rapport à la durée des symboles transmis [1] et se traduisent par l'apparition d'un niveau de probabilité d'erreur irréductible. On analyse dans ce travail la performance des systèmes de communications radio-mobiles numériques en modulation QPSK, en se basant sur une technique analytique développée par [2,3] et sur l'utilisation d'approximation gaussienne pour décrire l'effet des interférences.

Le canal radio d'intérieur, opérant aux bandes UHF, micro-onde ou millimétriques, est un canal multiparcours [4] dont chaque parcours est caractérisé par son amplitude r_n , son délai de propagation τ_n et son déplacement de phase ϕ_n , où n est l'indice du parcours en question. Le canal est considéré comme un filtre linéaire variant dans le temps ayant comme réponse impulsionnelle:

$$h(t) = \sum_n r_n(\tau_n) \exp(j\phi_n) \delta(t - \tau_n)$$

Si à la sortie du modulateur cohérent QPSK on transmet le signal suivant:

$$s(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T_s}} V(t - iT_s) \cos(2\pi f_c t + \theta_i) \quad (1)$$

le signal reçu est le produit de convolution de $s(t)$ et de $h(t)$ additioné du bruit gaussien:

$$r(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T_s}} \sum_{n=0}^N r_{n,i} V(t - iT_s - \tau_{n,i}) \cos(2\pi f_c t + \theta_i + \phi_n) + N(t) \quad (2)$$

où $N(t)$ est le bruit blanc additif gaussien (AWGN) de densité spectrale $N_0/2$, E_s représente l'énergie du signal par symbole, $V(t)$ une impulsion des données de durée T_s et d'amplitude unitaire, $\theta_i = (2i-1)\pi/4$ la phase qui contient l'information à l'instant iT_s et f_c la fréquence porteuse.

Pour définir la performance du canal, on a opté pour les modèles exponentiel et de Maxwell pour décrire le profil de délai dans les canaux à évanouissements de Rice et de Rayleigh respectivement. Les deux modèles sont définis comme suit.

$$p_E(\tau) = \exp(-\tau/D) \quad (3)$$

$$p_M(\tau) = e^{-(\tau/t_m)} \exp\left\{-\left(\frac{\tau}{t_m}\right)^2\right\}$$

où D est l'écart-type du profil de délai et t_m représente le temps d'arrivée du signal ayant la puissance maximale définit comme: $t_m = D\sqrt{2/(3-8/\pi)}$

Si l'on considère que la phase transmise pendant l'intervalle $[iT_s, (i+1)T_s]$ est $\theta_i = \pi/4$, le symbole est détecté correctement avec une probabilité: $P_c = P\{(x > 0, y > 0) / \theta_i = \pi/4\}$. x et y étant les composantes en phase et en quadrature à la sortie du démodulateur QPSK. Le bruit et les interférences sont indépendants non corrélés et ont une densité de probabilité gaussienne de moyenne nulle. On obtient comme probabilité d'erreur par symbole:

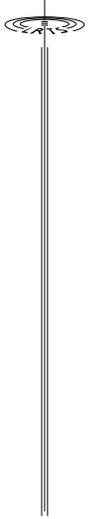
$$P_e \approx \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{\gamma}{1 + F\gamma}} \quad (4)$$

où γ représente le rapport signal à bruit et F est un facteur de fading qu'on a défini après diverses manipulations mathématiques et qui dépend du modèle de profil de délai utilisé:

$$F_E = \frac{2\nu}{\xi^3} [(\xi - 1)^2 + 3 - e^{-\xi} \{(\xi + 1)^2 + 3\}] \quad (5)$$

$$F_M = \frac{2\nu e}{\xi^3} \int_0^\xi \chi^2 [(\chi - 1)^2 + (\xi - |\chi - 1|)^2] \exp[-\chi^2] d\chi$$

où ν est le nombre moyen des interférences détectées pendant l'intervalle $[0, T_s]$, $\xi = T_s/D$ pour le modèle exponentiel $\xi = T_s/t_m$ pour le modèle de Maxwell.



La figure 1 donne l'évaluation de la probabilité d'erreur pour le système QPSK en fonction du rapport signal à bruit pour différentes valeurs du facteur d'évanouissements F . En l'absence des interférences, la performance se réduit au résultat classique d'un canal à évanouissements non sélectif en modulation QPSK. D'après la figure 1, on remarque que plus le rapport signal à bruit est grand, plus l'effet des interférences intersymboles est important; l'effet du bruit gaussien devient alors négligeable et la probabilité d'erreur se réduit à la probabilité d'erreur irréductible: $P_I = \text{erfc}\sqrt{1/F}$ qui ne dépend que de F . On peut dire, dans ce cas, que P_I est un bon estimé de P_e .

La figure 2 illustre la probabilité d'erreur irréductible par symbole pour les deux modèles de puissance de profil de délai en fonction de la valeur quadratique moyenne normalisée du délai. On constate que, pour un même nombre de signaux interférant, la présence de la composante en ligne de vue influe positivement sur P_I en donnant une meilleure performance au système. Les résultats de la figure 2 montrent aussi que, pour un même μ , la probabilité d'erreur irréductible dépend fortement de la puissance du profil de délai considérée. En effet P_I est meilleure pour le canal de Rice que pour le canal de Rayleigh.

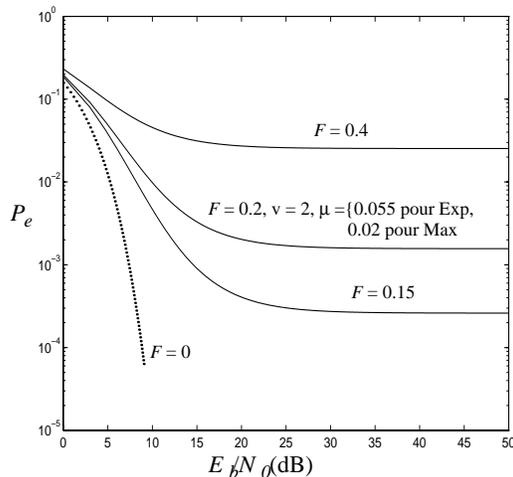


Fig. 1 Probabilité d'erreurs moyenne par symbole en QPSK pour différentes valeurs de F

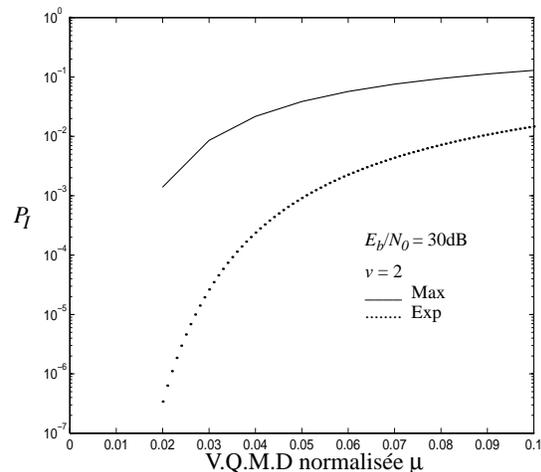


Fig. 2 Probabilité d'erreurs irréductible pour les deux canaux de Rice et de Rayleigh

Ces résultats font l'objet d'une prochaine publication [5].

Références

- [1] J. C. -I. Chuang, «The Effect of Time delay spread on portable radio communications channels with digital modulation», *IEEE J. on Select. Areas in Comm.*, Vol. 5, pp. 879-889, Juin 1987.
- [2] X.D.Wang, M.Lecours, «The Effects Of Delay Spread on a FH-FSK Spread Spectrum Mobile Radio System Over Frequency-Selective Fading Channels», *IEEE Trans. Comm.*, Vol 42, no 2/3/4, pp 1312-1324, Février/Mars/Avril 1994.



- [3] B.Solaiman, A. Glavieux and A. Hillion, «Error Probability of Fast Frequency Hopping Spread Spectrum With BFSK Modulation In Selective Rayleigh and Rician Fading Channels», *IEEE. Trans. Comm.*, Vol. 38, no 2, pp. 233-240, Février 1990.
- [4] A. A. M. Saleh and R. A. Valenzuela, "A statistical model for indoor multipath propagation", *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, Vol. SAC-5, No. 2, pp. 128-137, Feb. 1987.
- [5] A. Semmar, M. Lecours, H. T. Huynh, "Performance of coherent QPSK communications over frequency-selective fading channels for broadband PCS," accepté, Fév. 1997, *Can. J. Elect. & Comp. Eng.*