



Application de la diversité de polarisation aux systèmes de radio-communication micro-cellulaire dans les édifices

Otmani Mohamed, étudiant 3^{ème} cycle

Michel Lecours, directeur de recherche

Abstract: The increasing demand for mobile and personal communication systems and the fast moving electronic technology constitute major incentives towards the development of indoor microcellular systems [1]. We use a channel model based on ray tracing and on uniform theory of diffraction to describe the environment [2]. We study the applicability of polarization diversity techniques to indoor communication systems, including selection combining and switch and stay combining, and how diversity can be used to overcome the problems generated by the propagation environment.

It is well known that diversity reception is effective for reducing excessive deep fades that affect the signal envelope [3][4]. In practice, diversity branches with small correlation coefficient and providing received signal levels as close as possible to each other are required. An adequate combination of the signals transmitted over independently fading paths reduces considerably the effect of fading, since deep fades seldom occur simultaneously during the same intervals on two or more paths.

Résumé: L'un des problèmes majeurs de la propagation des ondes millimétriques dans les édifices réside dans les affaiblissements profonds que subit l'enveloppe du signal. La nécessité de réduire l'effet de ces affaiblissements a permis à de nombreuses méthodes de voir le jour. Parmi celles-ci on trouve les techniques de diversité, dont le concept de base repose sur la possibilité de retirer de l'information à partir de plusieurs signaux transmis sur des voies de propagation indépendantes. La combinaison de ces signaux d'une façon adéquate permettra de réduire l'effet de ces affaiblissements profonds. Il existe plusieurs techniques de diversité, notamment la diversité d'espace, la diversité de fréquence, la diversité de polarisation. Ce travail concerne de façon spécifique la diversité de polarisation.

L'étude de la diversité de polarisation pour les systèmes de radiocommunication micro-cellulaire dans les édifices constitue l'objectif de ce travail. L'idée de base consiste à transmettre un signal à polarisation verticale ou horizontale et à le recevoir au niveau du récepteur par une antenne à diversité de polarisation à deux branches (l'antenne de réception

est composée de deux éléments croisés, formant un angle de polarisation de $\pm\alpha$ avec l'axe des Y). L'analyse théorique est basée sur le coefficient de corrélation entre les branches de diversité. Il est primordial que les deux signaux soient indépendants pour que le signal résultant de leur combinaison par l'une des techniques de combinaison contienne moins d'affaiblissement profonds que chacun d'entre eux. En général la diversité efficace peut être atteinte avec un coefficient de corrélation en dessous de 0.7 [5].

Le gain de la diversité de polarisation est dérivé de la rotation de la polarisation à travers une propagation multi-trajets; son avantage par rapport à la diversité d'espace et de fréquence réside dans le fait qu'elle ne nécessite aucun espacement entre les antennes et qu'elle n'utilise qu'une seule fréquence.

Pour une bonne simulation des signaux reçus, nous avons établi un système d'équations à partir des rayons de l'optique géométrique (c. a. d. du rayon incident et des rayons réfléchis) et des rayons diffractés par les différentes formes d'obstacles (rayons introduits par la Théorie Géométrique de la Diffraction). Dans notre modèle de simulation nous avons tenu compte non seulement des coefficients de réflexion complexe et des coefficients de diffraction en introduisant la matrice de diffraction (dépolarisation d'une partie d'un signal par les différents obstacles) mais aussi de la configuration architecturale du site, de la fréquence d'opération, des matériaux de construction de la bâtisse et des caractéristiques des antennes d'émission et de réception.

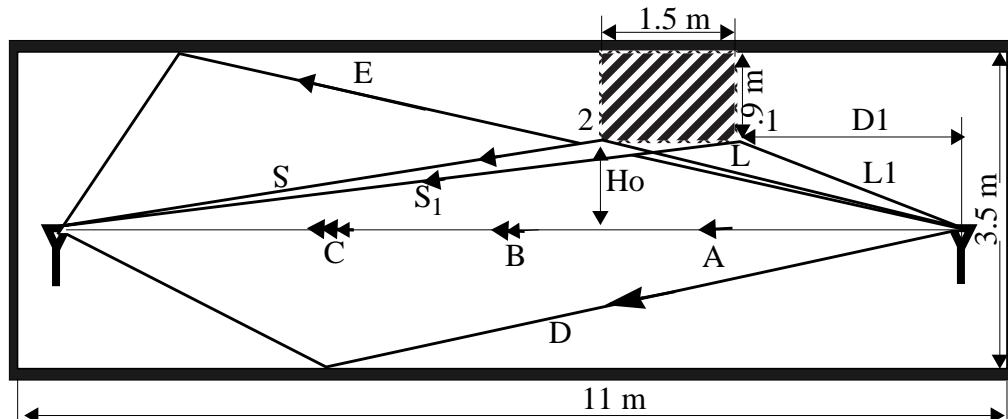
Les équations et les figures qui suivent illustrent le modèle de simulation, les équations du champ et quelques résultats.

Le champ total (E_t): Le champ total reçu est considéré comme étant la somme d'un signal direct, de signaux réfléchis et de signaux diffractés:

$$E_t = E_i + E_r + E_d \quad (1)$$

Le champ réfléchi:

$$E_r = K \sum_{i=1}^N \frac{G_{di}}{d_i} (R_i \exp(j\Delta\Phi_i)) \quad (2)$$



A : Reflexion par le sol
 B : Reflexion par le plafond
 C : Signal direct
 D : Reflexion par le mur lateral droit
 E : Reflexion par le mur lateral gauche
 1 et 2 : Diffraction par les arêtes
 L1=3.16 m, L=4.61 m, D1=3.0 m, Ho=1 m

Figure 1 Modèle de transmission dans une salle, avec diffraction sur les coins d'une table. Projection sur un plan horizontal.

Le champ diffracté:

Sous forme matricielle

$$E_d(s) = E_i(Q)[D]A(s)\exp(-jks) \quad (3)$$

Dans notre cas $E_i^h = 0$ d'où:

$$E_d^v = D_{11}E_i^v \frac{1}{\sqrt{s}} \exp(-jks) \quad (4)$$

$$E_d^h = D_{21}E_i^v \frac{1}{\sqrt{s}} \exp(-jks) \quad (5)$$

La combinaison de ces équations donne la nouvelle forme du champ reçu par chaque élément de l'antenne croisée.

Pour l'antenne verticale:

$$E_t^v = KG_d \left[\frac{1}{d} + \sum_{n=1}^N \frac{R_n^v}{d^n} \exp(j\Delta\Phi_n) + \sum_{m=1}^M \frac{D_{11}}{s'} \sqrt{s'/(s(s'+s))} \exp(-jks) \right] \quad (6)$$

Pour l'antenne horizontale:

$$E_t^h = KG_d \left[\sum_{n=1}^N \frac{R_n^h}{d^n} \exp(j\Delta\Phi_n) + \sum_{m=1}^M \frac{D_{21}}{s'} \sqrt{s'/(s(s'+s))} \exp(-jks) \right] \quad (7)$$

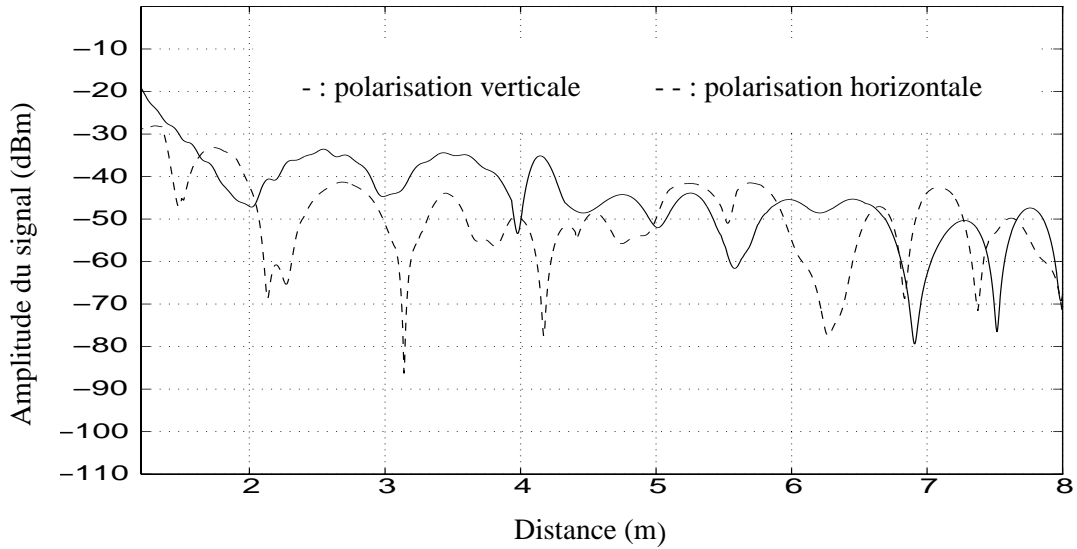


Figure 2 Simulation du signal reçu par le dipole croisé

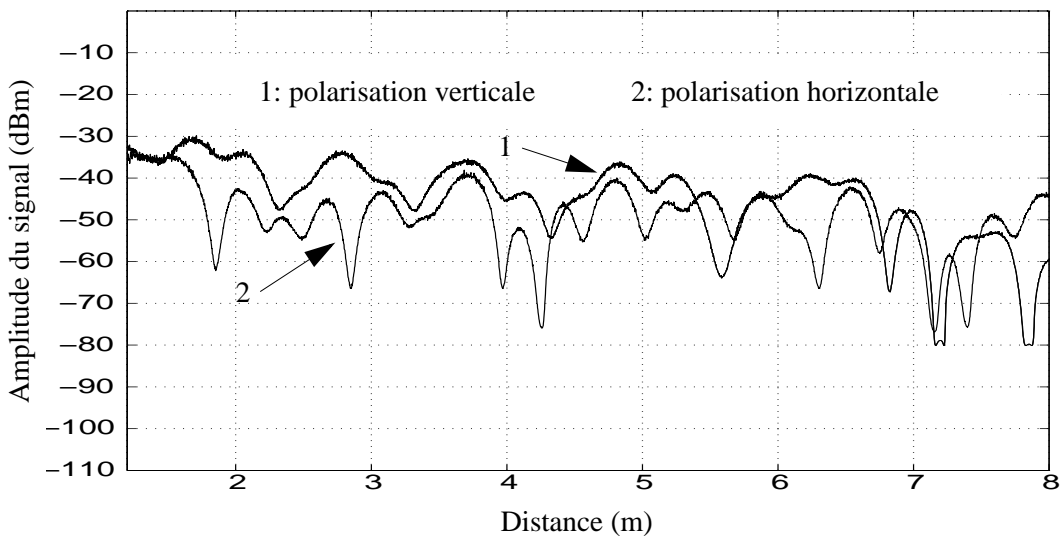
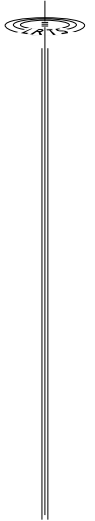


Figure 3 Signal reçu en présence d'un seul obstacle



Nous avons complété ces travaux par des études sur la réponse impulsionnelle du canal de transmission en diversité de polarisation. Plusieurs de résultats ont fait l'objet de publication en cours d'année [6, 7, 8].

Références:

- [1] A. J. Rustako, A.Amitay, G.J. Owens, R.S. Roman, "Radio propagation at microwave frequencies for line-of-sight microcellular mobile and personal communications", IEEE Trans. on Veh. Techn., Vol. 40, No.1 February 1991, pp. 203-210.
- [2] R.G. Kouyoumjian, P.H. Pathak, "A uniform geometrical theory of diffraction for an edge in a perfectly conducting surface", Proc. IEEE, Vol. 62, November 1974, pp. 1448-1461.
- [3] S. Kozono, H. Tsuruhara, and M. Sakamoto, "Base station polarization diversity reception for mobile radio," IEEE Trans. Veh. Tech., vol. VT-33, no. 4, pp. 301-306, 1984.
- [4] Rodney G. Vaughan, "Polarization diversity in mobile communications," IEEE Trans. Veh. Tech., vol.39 No.3, pp. 177-186, August 1990.
- [5] W.C.Y. Lee and Y.S. Yeh, "Polarization diversity system for mobile radio," IEEE Trans. Commun., vol.COM-20, no. 5, pp. 912-922, 1972.
- [6] M. Otmani, M. Lecours, "Indoor Radio Impulse Response Measurements with Polarization Diversity", 46th Vehicular Technology Conference (VTC'96), Atlanta, Georgia, USA, April-Mai 1996.
- [7] M. Otmani, M. Lecours, "Indoor radio measurement and simulation with polarization diversity", Wireless Personal Communications journal (révision acceptée, décembre 1995).
- [8] M. Otmani, M. Lecours, "The effect of diffraction on cross-polarized signal propagation in an indoor radio environment", The sixth international symposium on personal, indoor and mobile radio communications, Toronto, September 1995.