

Simulation des signaux reçus d'un satellite pour application au contrôle d'une antenne réseau sur un mobile

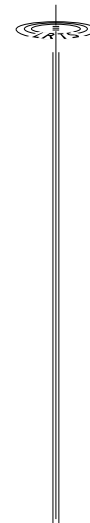
Nathalie Robitaille, étudiante 2^e cycle

Dr Michel Lecours, directeur de recherche

Abstract: This research is carried out within the context of the development of an electronically steerable antenna array for different terrestrial applications of mobile satellite communications, particularly MSAT and INMARSAT-M. The transmission between a mobile and a satellite is influenced by the physical environment and the movement of the mobile. A Rice channel combined to a Markov chain simulates the fading channel and the phase changes of the signal from the satellite. A number of typical trajectories of the mobile unit are simulated to take into account the varying orientation of the mobile relative to the satellite. We develop tracking algorithms to detect and maintain the best antenna array orientation for signal reception. The algorithms will permit to verify the behaviour and good operation of the antenna array controller and will be used as a basis to design a primary control system. The simulations are done on computer using MATLAB and C programs.

Résumé: Le travail se situe dans le cadre d'un projet de développement d'une antenne réseau à balayage électronique pour diverses applications terrestres de communications par satellite, en particulier MSAT et IMMARSAT-M. La transmission entre un mobile et un satellite est influencée par l'environnement physique et le déplacement du mobile. Un canal de Rice auquel on combine une chaîne de Markov servent à simuler les évanouissements et les changements de phase du signal en provenance du satellite. Ensuite, différentes trajectoires du mobile sont simulées pour tenir compte de l'orientation du mobile par rapport au satellite. On élabore des algorithmes de poursuite afin d'avoir un système qui identifie la meilleure direction de réception du signal et qui la conserve. Les algorithmes permettront de vérifier le comportement attendu du contrôleur et de concevoir un système de contrôle primaire pour l'antenne réseau. Les simulations sur ordinateur sont réalisées à l'aide de MATLAB et de programmes en C.

Le simulateur de Rice est constitué d'une composante de Rice et d'une composante de Rayleigh. La composante de Rice est aussi appelée composante directe. Elle représente le signal que recevrait le mobile s'il n'y avait aucun obstacle entre celui-ci et le satellite. Malheureusement, la trajectoire est influencée par l'environnement. Les réflexions multiples proviennent de



toutes les directions et sont appelées évanouissements de Rayleigh. Ils viennent limiter la performance du canal. Et, comme les signaux réfléchis n'arrivent pas tous en même temps au mobile, il en résulte une modification de la phase. Le signal est alors atténué ou amplifié. On retrouve l'enveloppe du signal d'un modèle de Rice à la figure 1. L'évanouissement de Rayleigh correspond aux variations rapides. Pour la simulation, on suppose une vitesse constante de 25 m/s pour le mobile, une fréquence de la porteuse à 1,54 GHz et une fréquence Doppler de 128 Hz pour 5001 échantillons.

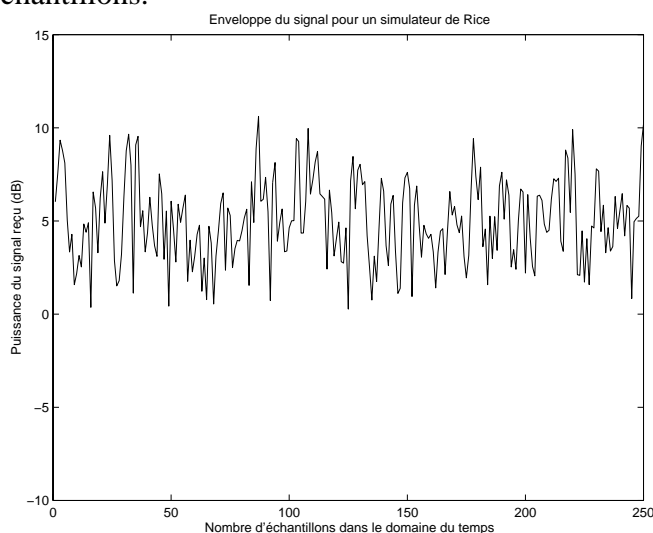


Figure 1 Simulateur de Rice

Normalement, la puissance du signal reçu par le mobile est maximale. Lorsque le satellite se situe à un petit angle d'élévation, le signal est diffracté et réfléchi par les montagnes, les arbres et les édifices. Le signal peut même disparaître totalement si le mobile passe sous un pont ou un tunnel. Pour représenter les atténuations dues aux arbres, aux édifices ou à un pont, on utilise une chaîne de Markov à quatre états combinée à un simulateur de Rice. À chaque état de la chaîne de Markov correspond une probabilité de rester dans le même état ou de passer à d'autres états possibles. La figure 2 représente l'enveloppe du signal du simulateur de Rice dans lequel on a inséré la chaîne de Markov à quatre états. On constate que le signal reçu est la plupart du temps maximal avec des évanouissements profonds de quelques décibels à 30 dB et qui durent de quelques millisecondes à une seconde. Les résultats peuvent être comparés à l'article de Lutz & al. [1]. Lutz a mesuré la puissance du signal reçu en provenance d'un satellite à 24 degrés d'élévation pour deux situations: une où le mobile se trouve en milieu urbain et l'autre, pour le cas qui nous intéresse, soit en milieu rural.

Cependant, cette simulation est valide pour un mobile allant à vitesse constante et dont le faisceau d'antenne est dirigé en tout temps sur le satellite. Il reçoit donc le maximum de puissance. La prochaine étape consiste à définir diverses trajectoires pour le mobile et à calculer la puissance reçue par les différents faisceaux en fonction de la position du mobile par rapport au satellite.

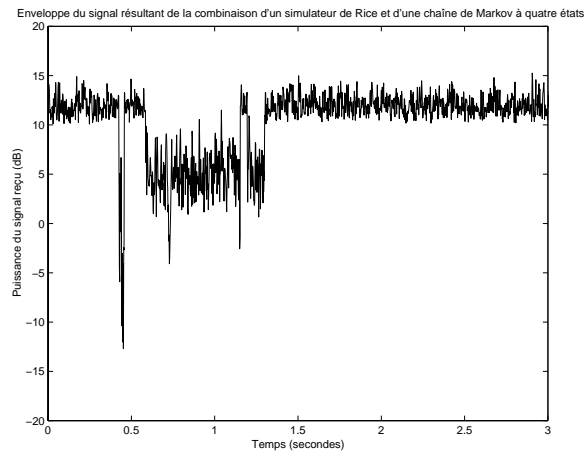
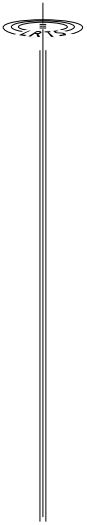


Figure 2 Simulateur de Rice et chaîne de Markov à 4 états

Pour ce faire, on a besoin de définir une trajectoire pour le mobile. Par exemple, il peut effectuer un virage à angle droit durant les 3 premières secondes, suivi d'un trajet en ligne droite pendant 4 secondes et puis d'une série de virages pour compléter la simulation qui représente 10 secondes au total (voir figure 3).

On considère la réception du mobile par une antenne réseau à balayage électronique ayant 12 éléments. On construit 36 faisceaux, soient 12 groupes de 3 éléments qui sont chacun responsable d'un secteur de 30 degrés en azimut. On approxime la réception d'un groupe de 3 éléments par un diagramme de rayonnement comportant un lobe principal et deux lobes secondaires. Il est donc possible de combiner le simulateur de Rice, la chaîne de Markov et l'orientation du mobile en fonction du temps. On peut alors calculer la directivité pour chacun des faisceaux. La figure 3 représente la puissance du signal reçu pour un des faisceaux.

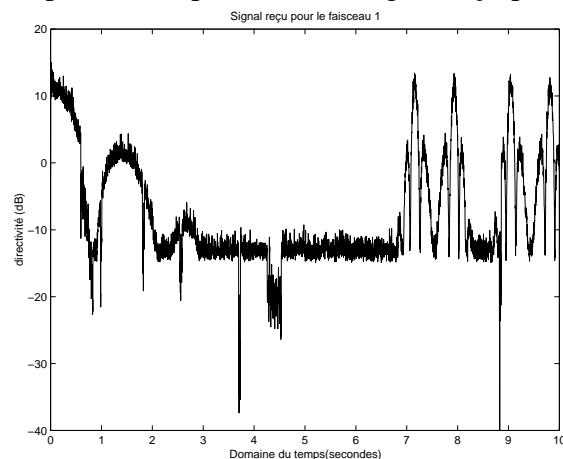


Figure 3 Simulateur de Rice, chaîne de Markov et trajectoire du mobile



Les résultats des simulations sont stockés dans des fichiers. Des programmes en C permettent d'élaborer des algorithmes de poursuite pour identifier la meilleure direction du signal. Il y a deux phases: l'acquisition et la poursuite. Pendant l'acquisition, on identifie la direction où le signal est maximum en balayant 12 faisceaux parmi les 36. Pour la poursuite, on passe en mode 36 faisceaux. L'algorithme parcourt les faisceaux voisins afin de garder le maximum et s'assurer de conserver un signal qui soit au-dessus d'un certain seuil. Sinon, on retourne dans la phase d'acquisition.

Plusieurs scénarios peuvent être construits pour le mobile. On les teste par la suite par divers algorithmes de poursuite. Puis on choisit celui qui répond le mieux aux critères du projet et au comportement attendu du contrôleur. Un système de contrôle primaire pourra alors être conçu.

Référence:

- [1] E. Lutz, D. Cygan, M. Dippold, F. Dolainsky, W. Papke, "The Land Mobile Satellite Communication Channel", - Recording, Statistics, and Channel Models, IEEE Trans. on vehicular technology, vol. 40, no. 2, pp. 375-385, mai 1991.