

Simulation des signaux reçus d'un satellite pour l'implantation d'un contrôleur d'une antenne-réseau sur un mobile

Nathalie Robitaille, étudiante 2^e cycle

Dr Michel Lecours, directeur de recherche

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, INMARSAT-M et MINI-M. Des simulations sur MATLAB modélisent le canal reliant le mobile au satellite. Ce canal de transmission est influencé par l'environnement physique et le déplacement du mobile. Un canal de Rice auquel on combine une chaîne de Markov sert à simuler les évanouissements et les changements de phase du signal en provenance du satellite. Ensuite, différentes trajectoires du mobile sont simulées à l'aide de programmes rédigés en C afin de 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.

Un système de contrôle primaire est réalisé pour l'antenne-réseau. Un circuit ayant des composants électroniques RF permettra de travailler à une fréquence intermédiaire adéquate. Il mesurera le niveau de signal du pilote du satellite; ce qui remplacera la simulation du canal de transmission. On y intégrera une carte d'acquisition. Le contrôle des commutateurs et des déphaseurs de l'antenne-réseau via la programmation de la carte et les algorithmes de poursuite, nous assurera d'obtenir la direction optimale de réception et de la maintenir.

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, INMARSAT-M and MINI-M. Simulations on MATLAB reproduce the channel between the mobile and the satellite. This transmission channel between a mobile 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 with programs written in C 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.

A primary control system is designed for the array antenna. A circuit with RF electronic components will permit to work at an appropriate intermediate frequency. It will measure the signal level of the satellite signal, which will replace the simulation of the channel transmission. The control of the switch and phase-shifters of the antenna array together with the acquisition and tracking algorithms will allow to determine and maintain the best orientation for the antenna array.

Description

L'antenne-réseau à balayage électronique est constituée de 8 éléments d'antenne micro-ruban que l'on retrouve à la figure 1. Utilisée pour les communications mobiles par satellite, celle-ci fonctionne dans les bandes 1525 à 1559 MHz et de 1626.5 à 1660.5 MHz comprenant la bande de transmission (Tx) et la bande de réception (Rx). Avec cette antenne, on réalise une couverture circulaire complète en azimuth et une couverture angulaire allant de 0 à 70 degrés en élévation [1].

Pour le balayage électronique, un commutateur central sert à activer les 8 éléments rayonnant par groupe de trois. Cependant, comme la largeur à 3 dB de chacun des 8 faisceaux n'est que de 60 degrés, on a des pertes (creux) pouvant aller jusqu'à 5 dB à la jonction des faisceaux. Des déphaseurs sont alors introduits afin de compenser pour la différence de trajet électrique due à la géométrie circulaire. Grâce à ceux-ci, on obtient une sélection de 24 faisceaux de 15 degrés (voir figure 2); ce qui permet de réduire les creux à la jonction des faisceaux par rapport à un balayage en azimuth où l'on n'aurait que 8 faisceaux.

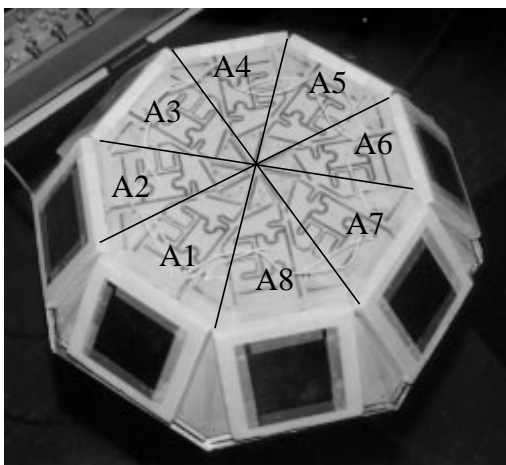


Figure 1 Antenne à balayage électronique-comprenant 8 antennes à micro-ruban (A1 à A8). *Source:* photo prise par Qingyuan-Wang, département de génie électrique, Université Laval, Québec.

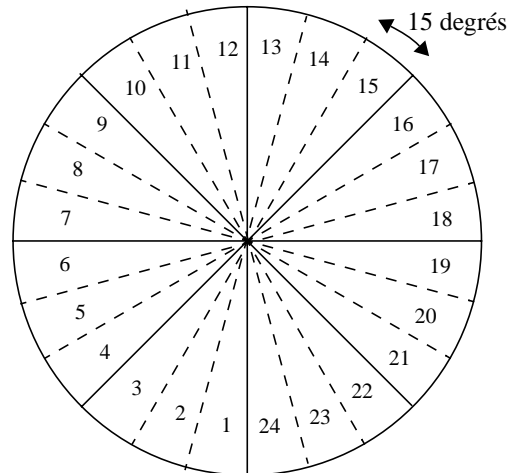


Figure 2 Les déphaseurs et les commutateurs de l'antenne-réseau permettent d'obtenir 24 faisceaux.

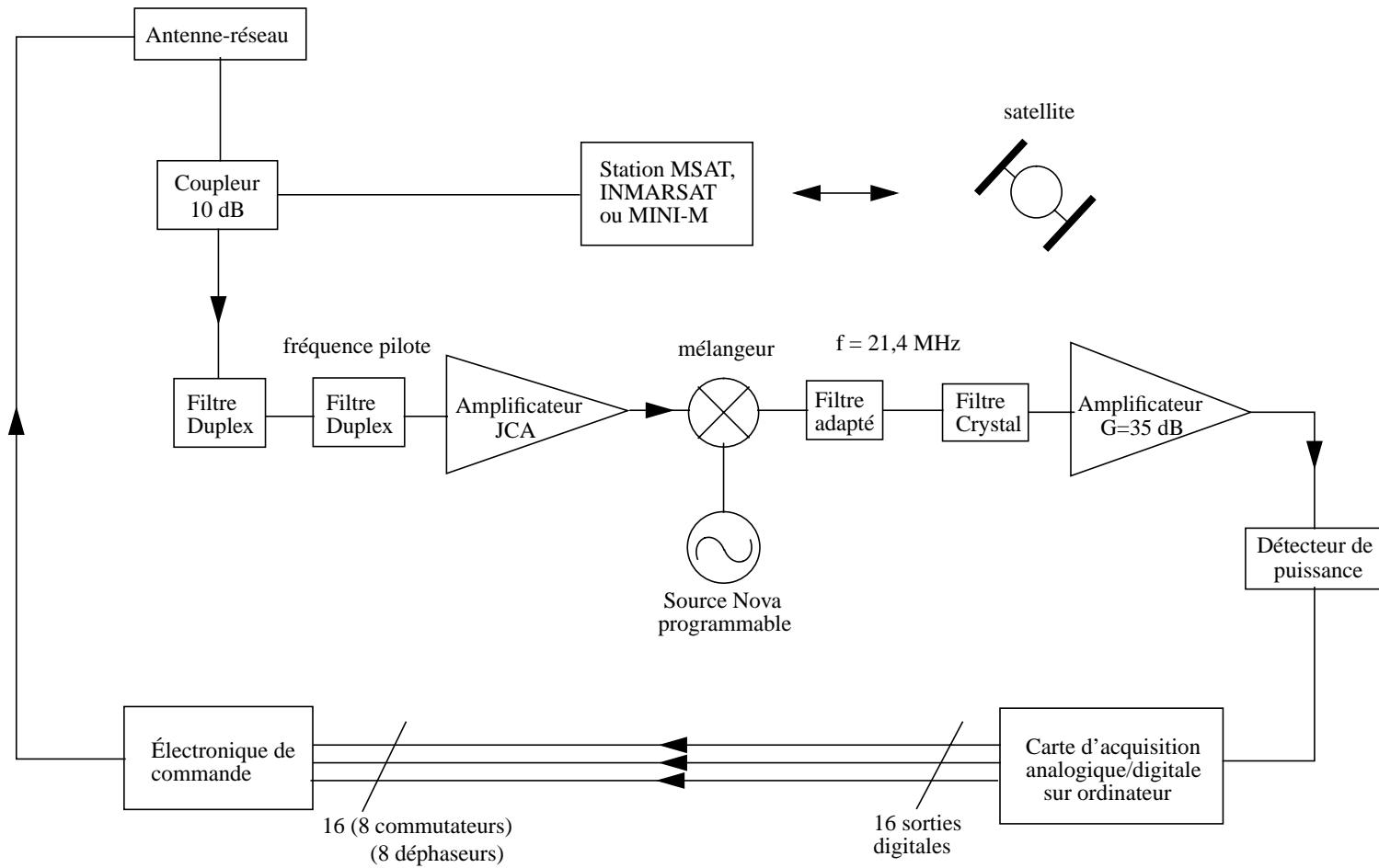
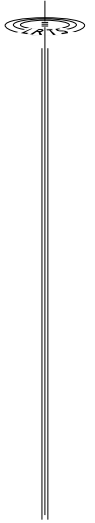


Figure 3 Circuit électronique servant au contrôle primaire de l'antenne-réseau.



Un système de contrôle primaire, dont le schéma se trouve à la figure 3, est réalisé pour l'antenne-réseau. Des composants électroniques RF permettent de travailler dans les bandes de fréquences Tx et Rx. En réception, le circuit mesure le niveau de signal de la fréquence pilote du satellite qui se situe autour de 1,5 GHz. Comme l'antenne-réseau n'est pas parfaitement adaptée, le coupleur minimise les réflexions qui reviennent vers l'antenne. Les fitres Duplex effectuent un filtrage grossier et éliminent les spectres de fréquences non désirés. Le signal est amplifié. Un mélangeur diminue la fréquence à laquelle on travaille à 21,4 MHz. Par la suite, le fitre crystal réduit la bande passante à 7,5 kHz. Le signal est à nouveau amplifié (d'environ 35 dB) et un détecteur mesure le niveau de puissance reçue. La carte d'acquisition fait la conversion analogique digitale du signal. Selon le niveau de ce dernier, la carte d'acquisition commande l'état des 16 sorties digitales qui correspondent aux 8 commutateurs et 8 déphaseurs de l'antenne-réseau. Ainsi, l'algorithme de poursuite de l'ordinateur et la carte d'acquisition sélectionnent le faisceau qui maintient la direction optimale en réception.

Algorithme de poursuite

Afin que l'antenne-réseau suive le signal en provenance du satellite malgré ses fluctuations, des algorithmes de poursuite sont élaborés. Les fluctuations du signal peuvent être dues aux changements de direction du mobile, lors du passage sous un pont, les évanouissements (fading) de Rayleigh, les diminutions dues aux réflexions sur des arbres et des édifices, etc.. Les algorithmes sont rédigés en C et le contrôle de l'antenne-réseau se fait via la carte d'acquisition qui commande les 8 déphaseurs et les 8 commutateurs.

La première phase consiste à faire l'acquisition du signal en parcourant les 8 faisceaux centrés de chacune des antennes (ce qui correspond aux faisceaux 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23 de la figure 2) à la recherche du maximum. Une fois le maximum trouvé, par exemple le faisceau 2, on regarde le faisceau à gauche (1) et le faisceau à droite (3) pour trouver le nouveau maximum. Par la suite, différentes stratégies sont utilisées pour la seconde phase afin de sélectionner le faisceau où la direction du signal est au-dessus d'un certain niveau. Le but de l'algorithme est de pouvoir suivre le signal même si celui-ci change rapidement sans avoir à revenir trop souvent dans la première phase. Car, dans la phase d'acquisition, on doit retrouver le signal. Un bon algorithme permet à l'antenne-réseau de garder le contact avec le satellite et anticipe le mouvement du mobile afin de compenser pour les fluctuations du signal.

Remerciements

Nous remercions le Dr Marcel Pelletier et le M. Martin Lefebvre pour leur support it.

Référence

- [1] M. Lecours, M. Pelletier, P. Lahaie, T. Breahna, Q. Wang, G.-Y. Delisle, Université Laval and R. Daviault, M. Lefebvre, Davicom Technologies Inc., "Experimental results with a circular electronically steered antenna for mobile satellite communications", 1999 Int. Mob. Comm. Conf. IMSC'99, Ottawa, June 1999.