

Comparaison Des Techniques De Détection Linéaire ZF Et MMSE En Transmission MIMO

ANDRIAMANALINA Ando Nirina¹, RANDRIAMITANTSOA Andry Auguste²,
RANDRIAMITANTSOA Paul Auguste³

¹²³ Ecole Doctorale en Science et Technique de l'Ingénierie et de l'Innovation (ED – STII)

¹²³ Laboratoire de Recherche en Télécommunication, Automation, Signal et Images

¹²³ Université d'Antananarivo, Madagascar.



Abstract— This article is about multiple input multiple output detection technique. The objective is to compare linear detection methods. It has been observed that compared to MMSE, ZF is less efficient for low values of the signal to noise ratio. Indeed, MMSE takes into consideration the noise present in the propagation channel. With MMSE and ZF the capacity of channel increases linearly with the number of antennas.

Keywords—snr; MIMO; channel; ZF; MMSE

I. INTRODUCTION

Au cours d'une transmission sans fil, lorsque l'on a choisit la modulation la plus performante et que l'on désire augmenter le débit, alors on a recours à la notion de diversité. La diversité consiste à transmettre via plusieurs canaux une information afin d'augmenter la valeur du rapport signal sur bruit pour améliorer la qualité de la transmission ou le débit binaire. On rencontre, trois types de diversité à savoir la diversité fréquentielle, temporelle, polarisation et spatiale. Pour la diversité spatiale, on a recours à l'utilisation d'antenne multiple au niveau de l'émetteur et du récepteur ou MIMO. C'est dans ce domaine d'utilisation d'antenne multiple que ce projet de recherche est axée. L'objectif consiste à utiliser la méthode Zero Forcing ou ZF pour récupérer les symboles envoyés à travers les nombreuses antennes d'émissions au niveau du récepteur [1].

II. TRANSMISSION MIMO

Un canal MIMO, est un canal qui relie N_T antennes émettrices avec N_R antennes réceptrices représenté mathématiquement par une matrice complexe H traduisant la dimension spatiale. La matrice H du canal MIMO, est définie par [2]:

$$H = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \dots & h_{N_RN_T} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Où, h_{kl} tel que $1 \leq k \leq N_R$; $1 \leq l \leq N_T$ représente le gain complexe du lien entre le $l^{i\text{-ème}}$ antenne émettrice vers le $k^{i\text{-ème}}$ antenne réceptrice. Le nombre de canal qui participe à la transmission est lié aux nombres des valeurs singulières du canal H .

La capacité d'un canal MIMO est exprimé par [3]:

$$C_{MIMO} = \sum_{i=1}^r \log_2(1 + \lambda_i \gamma / N_T) \quad (2)$$

Où, λ_i représente la valeur propre ou le gain en puissance du $i^{\text{ème}}$ canal indépendant, r représente le nombre de valeurs singulières non nulles de H et γ le rapport signal sur bruit.

2.1. Traitement MIMO à l'émission

Les techniques qui sont aujourd'hui les plus rencontrées dans la littérature sont les méthodes de multiplexage par division spatiale et le codage spatio-temporel.

2.1.1. Multiplexage par division spatiale

C'est une technique de multiplexage au cours de laquelle, plusieurs flux de données indépendants sont simultanément multiplexés sur chaque antenne. Par rapport à un canal SISO ou Single Input Single Output qui utilise une seule antenne, le multiplexage spatiale offre beaucoup d'avantages.

Cela permet d'améliorer la capacité du canal de façon significative, car le nombre de données envoyées est plus important. Dans le cas de deux antennes d'émission, le premier bit peut être transmis sur la première antenne tandis que le deuxième est sur la seconde.

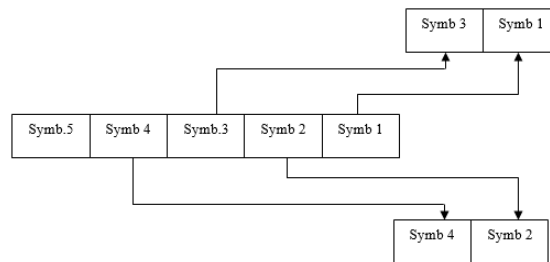


Fig. 1. Multiplexage spatiale

Chaque flux spatial doit alors disposer de sa propre paire d'antenne de transmission/réception à chaque extrémité du lien radio. Le nombre de flux émis simultanément est limité par le nombre minimum d'antennes du récepteur ou de l'émetteur.

2.1.2. Codage spatio-temporel

C'est une technique permettant d'exploiter de multiples antennes du côté de l'émetteur qui permet d'introduire une redondance d'informations différées dans le temps entre les antennes. Une même information est envoyée via plusieurs antennes et à plusieurs reprises dans le temps. L'objectif est d'améliorer le rapport signal sur bruit à la réception grâce à la redondance.

2.2. Traitement à la réception

Au niveau du récepteur on distingue plusieurs méthodes qui permettent de recombinaer les différentes versions du signal. Une fois recombinaer, lorsqu'au niveau de l'émetteur la technique de multiplexage spatial a été utilisée, le signal recombinaer est composé des différents symboles envoyés à travers les nombreuses antennes d'émission. Il est ainsi nécessaire de les détecter séparément au niveau du récepteur.

Pour notre cas, la technique utilisée pour séparer les symboles envoyés par les antennes d'émissions est la technique Zero Forcing ou ZF.

III. DÉTECTION LINEAIRE

Pour un canal MIMO, à la réception, le signal par reçu par le récepteur est exprimé par :

$$y = Hs + b \quad (3)$$

Où s et b représentent le symbole utile et le bruit.

Concernant les techniques de détection MIMO, on rencontre des techniques linéaires et non linéaire. La technique de détection linéaire consiste à filtrer les signaux provenant des autres antennes d'émission pour extraire le signal utile.

$$\hat{s} = WHs + Wb \quad (4)$$

Où est W la fonction de transfert du filtre appelé également filtre égaliseur et $\hat{s}$ le signal estimé.

Parmi les techniques linéaires, il y a la technique du Zero Forcing ou ZF et la technique Minimum Mean Square Error ou MMSE.

3.1. Technique ZF

C'est un récepteur linéaire qui est basé sur l'inversion de la matrice H du canal. La matrice de décodage pour récupérer les informations utiles est exprimée par [4]:

$$W = (H^H H)^{-1} H^H \quad (5)$$

Où H^H représente le transposé du conjugué complexe.

Après décodage ZF, le signal obtenu est exprimé par :

$$\hat{s} = Wy = (H^H H)^{-1} H^H y \quad (6)$$

3.2. Technique MMSE

Cet autre récepteur linéaire minimise l'erreur quadratique moyenne due au bruit et aux interférences entre symboles. L'erreur quadratique moyenne est donnée par :

$$\epsilon = E\{(s - \hat{s})^H (s - \hat{s})\} \quad (7)$$

La matrice de décodage pour récupérer les informations utiles est exprimée par [5] :

$$W_{MMSE} = \left(H^H H + \frac{\sigma_N^2}{\sigma_S^2} I_{N_T} \right)^{-1} H^H \quad (8)$$

IV. RESULTATS

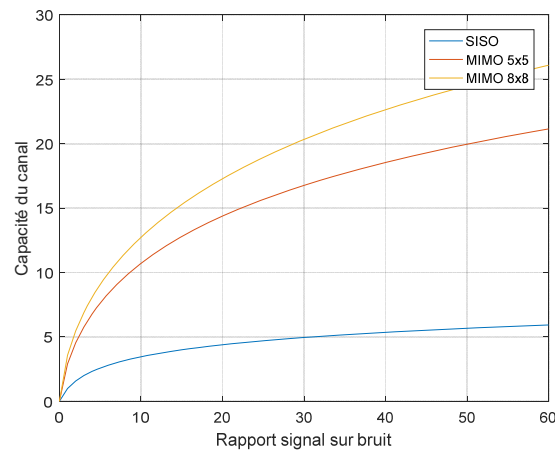


Fig. 2. Comparaison entre MIMO 4x4 et SISO en terme de capacité du canal

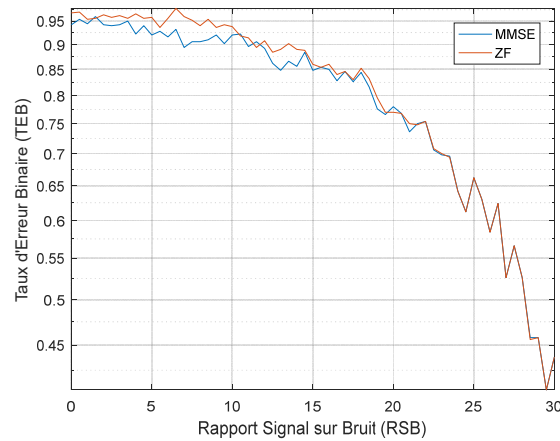


Fig. 3. ZF et MMSE suivant le rapport signal sur bruit avec MIMO 4x4

A travers Fig. 2., on observe que le débit augmente de largement lorsque l'on a recours plusieurs antennes au niveau de l'émetteur. A partir de la Fig. 3., on observe que le récepteur MMSE est plus performant que le récepteur ZF. Ce récepteur ZF, est moins performant pour les faibles valeurs du rapport signal sur bruit. En effet, la matrice de décodage MMSE tient compte du bruit donc des faibles valeurs du rapport signal sur bruit.

V. CONCLUSION

L'utilisation de plusieurs antennes en transmission améliore considérablement la performance d'une liaison. Les techniques linéaires permettent de séparer les signaux envoyés avec les multiples antennes d'émission. Ces méthodes sont basées soit sur la connaissance de l'état du canal à la réception soit sur la connaissance de l'état du canal à l'émission.

REFERENCES

- [1] P. Stavroulakis, "Interference Analysis and Reduction for Wireless Systems", Artech House, 2003.
- [2] H. Khaleghi Bizaki, "Mimo systems, theory and applications", InTech, Mar. 2011.
- [3] T. S. Rappaport, "Wireless communications principles and practice", Upper Saddle River, N.J.: Prentice-Hall 1999.
- [4] A. Chockalingam, B. S. Rajaniaga, « *Large MIMO Systems* », Indian Institute of Science, Bangalore, Cambridge University Press 2014
- [5] A. Sibille, C. Oestges, A. Zanella "MIMO From Theory to Implementation", Elsevier Inc, 2011.