Focalisation spatiale de données avec modulation à étalement de spectre

Michael Odhiambo, Sidney Golstein, François Horlin, Philippe de Doncker, Julien Sarrazin

▶ **To cite this version:**

Michael Odhiambo, Sidney Golstein, François Horlin, Philippe de Doncker, Julien Sarrazin. Focalisation spatiale de données avec modulation à étalement de spectre. Conference JNM 2019, May 2019, Caen, France. hal-03152439

HAL Id: hal-03152439
https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03152439

Submitted on 3 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

XXI[èmes] Journées Nationales Microondes
14-17 mai 2019 – Caen

Focalisation spatiale de données avec modulation à étalement de spectre

M. Odhiambo[1,2], S. Golstein[1,2], F. Horlin[2], P. De Doncker[2], J. Sarrazin[1]

[1] *Sorbonne Université, Laboratoire d'Électronique et Électromagnétisme, L2E, F-75005 Paris, France*
[2] *Wireless Communication Group - OPERA Dpt., Université libre de Bruxelles, Belgique*
md.odhiambo@upmc.fr

Résumé *– Une modulation multidimensionnelle à étalement de spectre basée sur des codes orthogonaux est utilisée afin de réaliser une Focalisation Spatiale de Données (FSD). La FSD est une nouvelle méthode permettant d'envoyer, de manière sans fil et focalisée des données dans l'espace. Grace à des simulations numériques, ce papier démontre que la FSD permet une sélectivité angulaire accrue sur les données envoyées par rapport à la focalisation de puissance de type formation de faisceaux. En particulier, il est montré que pour un réseau composé de deux antennes, la FSD génère un faisceau 33% plus fin que la focalisation de puissance classique.*

1. Introduction

La capacité de diffuser des données sans fil vers des emplacements spatiaux prédéfinis est une technique qui peut s'avérer très pratique dans les applications futures telles que l'Internet des objets. L'idée est qu'une station de base émettrice peut relayer l'information vers des emplacements prédéfinis et que les utilisateurs ne puissent accéder à ces données que s'ils se trouvent à ces endroits précis. S'éloigner de ces emplacements signifie qu'ils ne peuvent plus accéder aux données. Classiquement, la focalisation spatiale est réalisée en utilisant des réseaux d'antennes avec des techniques de formation de faisceau qui présentent certaines limitations [2] qui doivent être surmontées pour obtenir des faisceaux étroits. Ces réseaux nécessitent des mécanismes de pondération compliqués et le fait que la largeur de faisceau dépende également de la taille du réseau signifie que l'obtention de faisceaux étroits nécessite l'utilisation d'un grand nombre d'éléments antennaires.

Pour outrepasser cette limitation dans des scenarios de geocasting (diffusion géolocalisée des données), nous proposons la focalisation spatiale de données (FSD). Nous avons montré en [1] une approche basée sur l'utilisation d'un espace à N dimensions temporelles pour réaliser la modulation. Dans cet article nous proposons d'utiliser une modulation à étalement de spectre afin de créer une base multidimensionnelle. La section 2 décrit la mise en œuvre de l'approche de FSD proposée, basée sur des codes orthogonaux. La section 3 présente les résultants de simulation et les conclusions et perspectives sont présentées en section 4.

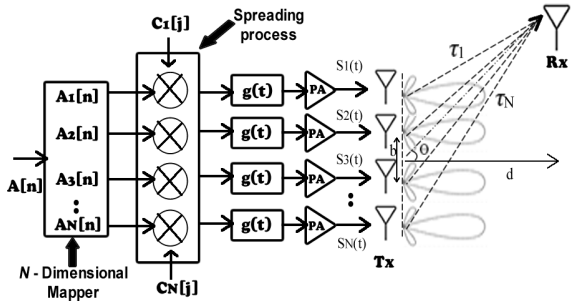

Figure 1. Schéma bloc de l'architecture de l'émetteur à modulation à étalement de spectre : 4 dimensions.

2. Focalisation Spatiale de Données avec une modulation à étalement de spectre

Le schéma fonctionnel de la figure 1 illustre l'architecture de l'émetteur FSD pour une implémentation en N dimensions. Le flux de symboles à transmettre est noté par *A[n]*. Une étape de mapping est tout d'abord considérée afin de décrire le *nième* symbole *A[n]* avec un vecteur à N coefficients $A_i[n]$, où $i = 1 : N$. Les coefficients $A_i[n]$ modulent ensuite des codes orthogonaux $c_i(t) = \sum_{j=1}^{Lc} C_{ij} g(t - jT_c)$, où $g(t)$ est la racine carrée de l'impulsion en cosinus surélevé, L_c est la longueur du code, T_c est la durée d'un élément C_{ij} d'un code. Un code unique par dimension i est utilisé. Les codes représentant les dimensions d'une base orthogonale, ils sont supposés orthogonaux entre eux, c'est-à-dire, $<c_i(t), c_j(t)>=0$ pour $i \neq j$. Chaque signal $s_i(t)$ ainsi modulé est transposé à la fréquence porteuse puis transmis par une antenne unique du réseau et peut donc s'exprimer de la manière suivante en bande de base :

$$s_i(t) = \sum_n^{\infty} A_{in} \sum_{j=1}^{Lc} c_{ij} g(t - nT - jTc) \qquad (1)$$

Il est à noter que les signaux $s_i(t)$ ne sont pas corrélés entre eux et que par conséquent, contrairement à la formation de faisceaux, la FSD ne bénéficie pas de facteur de réseau. Un signal reçu dans un exemple à deux dimensions (N = 2) peut s'exprimer de la façon suivante (sous hypothèse bande étroite) :

$$r(t) = \alpha e^{-j\omega\tau_1} \sum_{n=0}^{\infty} A_{1n} \sum_{j=1}^{Lc} c_{1j} g(t - nT + jTc + \tau_1) \quad (2)$$
$$+\alpha e^{-j\omega\tau_2} \sum_{n=0}^{\infty} A_{2n} \sum_{j=1}^{Lc} c_{2j} g(t - nT + jTc + \tau_2) + z(t)$$

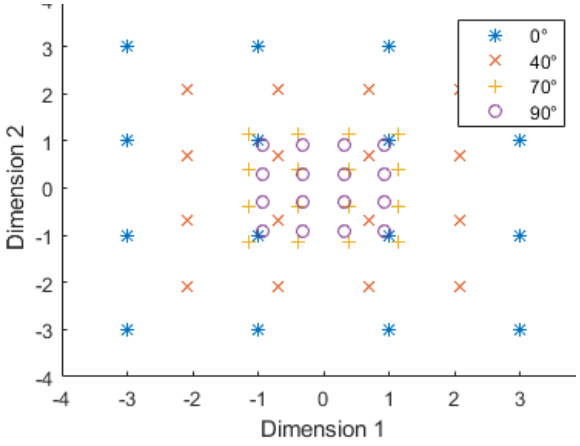

Figure 2. Evolution de la constellation reçue en fonction de la position de l'utilisateur

où $\tau_1 = r/c + \Delta\tau/2$, $\tau_2 = r/c - \Delta\tau/2$ et r/c est le temps de propagation entre le centre de réseau d'antennes d'émission et l'antenne de réception *(r étant la distance et c la vitesse de la lumière)*, $\Delta\tau/2$ est le retard supplémentaire dû à la position relative des éléments constituant le réseau. *z(t)* est le bruit supposé Gaussien du récepteur. Le signal reçu *r(t)* au récepteur est démodulé grâce un corrélateur à N branches et l'estimation des symboles reçus peut s'exprimer analytiquement de la façon suivante:

$$\hat{y}_1 = \alpha A_{1n} \cos(\omega.\Delta\tau/2) f(t + nT + \Delta\tau/2)$$
$$+\alpha A_{2n} \cos(\omega\Delta\tau/2)[f(t + nT - T_c + \Delta\tau/2) \quad (3)$$
$$+f(t + nT - T_c - \Delta\tau/2)]$$

$$\hat{y}_2 = \alpha A_{1n} \cos(\omega\Delta\tau/2) f(t + nT - \Delta\tau/2)$$
$$+\alpha A_{2n} \cos(\omega\Delta\tau/2)[f(t + nT + T_c + \Delta\tau/2) \quad (4)$$
$$+f(t + nT - T_c + \Delta\tau/2)]$$

où $\hat{y}_1$ et $\hat{y}_2$ correspondent à l'estimation de la projeté du symbole sur la première et la deuxième dimension respectivement. *f(t)* est l'impulsion en cosinus surélevé et α le gain du canal.

3. Résultats

Les équations (3) et (4) ont été implémentées dans Matlab afin de tracer analytiquement l'évolution de la constellation (à 16 états) reçue en fonction de la position de l'utilisateur par rapport au réseau d'antennes. Les résultats sont montrés en figure 2. Lorsque θ = 0°, la constellation reçue correspond à celle envoyée, et l'utilisateur pourra ainsi décoder les données. Lorsque l'utilisateur se déplace angulairement, la constellation rétrécie, ce qui a pour effet de diminuer l'énergie du symbole reçu et ainsi réduire artificiellement le rapport signal sur bruit (RSB) de l'estimateur. L'estimation correcte du symbole reçu est donc compromise lorsque θ augmente. Pour illustrer cet effet, des simulations numériques ont été réalisées sous Matlab afin de calculer le taux d'erreur binaire (TER) en fonction de la position de l'utilisateur. Les paramètres considérés sont : RSB = 14 dB, facteur de rolloff = 0.25, séparation d'antenne = 0.8λ, une fréquence porteuse de 1 GHz et une largeur de bande de 20 MHz. De la figure 3, le TEB observé à 10^{-3} correspond à une largeur de faisceau de 22.1° et de 38.8° pour la FSD et la focalisation en puissance, respectivement. La FSD a ainsi permis d'améliorer la sélectivité angulaire de ce réseau de deux antennes d'environ 33%

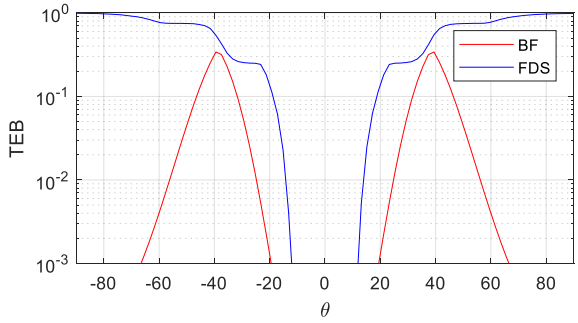

Figure 3. Comparaison classique (16QAM)

4. Conclusion

Le schéma de focalisation de données présenté permet d'obtenir des faisceaux plus étroits par rapport aux scénarios de focalisation de puissance. Cela permet par exemple d'illuminer une zone donnée avec peu d'antennes pour des applications de type geocasting. Le principe est que si l'utilisateur se trouve en dehors de l'emplacement de diffusion prédéfini, l'orthogonalité des dimensions composant la constellation est perdue diminuant, ainsi artificiellement le rapport signal à bruit et entraînant par la même occasion une détérioration de l'estimation des symboles reçus. *La version longue de ce papier présentera des résultats en utilisant un nombre de dimensions plus important*

5. Remerciements

Ce travail a été effectué dans le cadre du Project GEOHYPE soutenu par des fonds d'Etat français gérés par l'ANR au sein du programme JCJC sous la référence ANR-16-CE25-0003.

Références

[1] J. Sarrazin, M. Odhiambo, S. Golstein, P. De Doncker, and F. Horlin."Spatial Data Focusing: an alternative to Beamforming for geocasting scenarios". In: IEEE Antennas and Propagation Symposium conference (2018)

[2] L. C. Godara and M. R. S. Jahromi, "Limitations and capabilities of frequency domain broadband constrained beamforming schemes," in IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 47, no. 9, pp. 2386-2395, Sept. 1999.