RESEAUX DU FUTUR : 5G ET AU-DELA

Sécurité à la Couche Physique pour une Communication SISO MROF dans le Domaine Fréquentiel avec Renversement Temporel
Physical Layer Security in Frequency-Domain Time-Reversal SISO OFDM Communication

Sidney Golstein[1,2], Trung-Hien Nguyen[2], François Horlin[2], Philippe De Docnker[2], Julien Sarrazin[1]

[1] Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire de Génie Electrique et Electronique de Paris, 75252, Paris, France Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, CNRS, Laboratoire de Génie Electrique et Electronique de Paris, 91192, Gif-sur-Yvette, France, Sidney Golstein, Julien Sarrazin, { julien.sarrazin}@sorbonne-universite.fr
[2]Wireless Communication Group, Université Libre de Bruxelles, 1050 Bruxelles, Belgique, Sidney Golstein, Trung-Hien Nguyen, François Horlin, Philippe De Doncker, {sigolste,trung-hien,fhorlin,philippe.dedoncker}@ulb.ac.be

Mots clés - Keywords : sécurité à la couche physique, reversement temporel, bruit artificiel, taux de sécurité – physical layer security, time reversal, eavesdropper, secrecy rate.

Résumé/Abstract

Ce papier présente une technique permettant de sécuriser une communication à la couche physique. Un précodage en renversement temporel implémenté dans le domaine fréquentiel utilisant un multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence est considéré. Pour maximiser le taux de sécurité, le design d'un ajout de bruit artificiel est proposé. Ce nouveau schéma de communication assure une sécurité de communication vers un récepteur légitime tout en dégradant les performances de réception de la donnée vers un nœud espion. Le nœud espion est supposé passif à l'émetteur. L'effet du canal de propagation est également investigué.

1 Introduction

Les communications sans fil sont non sécurisées de nature. Avec le développement des réseaux 5G, la sécurité à la couche physique (SCP) suscite un grand intérêt pour ces communications. La SCP tire profit des caractéristiques du canal de propagation pour augmenter la sécurité de la communication vis à vis d'un nœud espion potentiel. Le schéma proposé dans ce papier implémente un précodage de la donnée en reversement temporel (RT). Dans domaine temporel (DT), le RT revient à suréchantilloner le signal ce qui permet d'offrir un gain de puissance reçue au récepteur légitime (Bob). Dans ce papier, le RT a été implémenté dans le domaine fréquentiel (DF) en utilisant le multiplexage par répartition orthogonale de fréquences (MROF). L'équivalent du RT dans le DF est d'envoyer un même symbole sur un certain nombre (appelé BOR) de sous-porteuses. Cela permet ainsi de jouir de la sélectivité fréquentielle du canal de propagation [1]. Le scénario est décrit dans [2]. Du bruit artificiel (BA) est ajouté orthogonalement à Bob. Ce bruit a pour but de détériorer la communication avec le nœud espion passif (Ève) sans influencer la communication avec le récepteur légitime. Une analyse de l'effet du canal de propagation sur le taux de sécurité (SR) est proposée.

2 Modèle du système

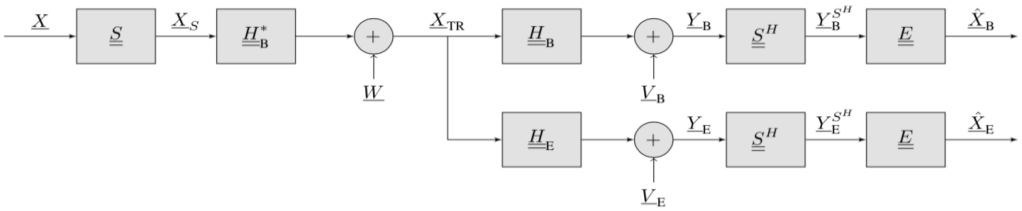

Figure 1. RT SISO MROF DF système avec ajout de BA

Un bloc de données $\underline{X}$ composé de N symboles normalisés est envoyé. Chaque symbole est transmis via BOR sous-porteuses ($Q=UN$ sous-porteuses seront utilisées à la transmission) via la matrice de spreading $\underline{S}$. Les canaux de Bob ($\underline{\underline{H}}_B$) et d'Ève ($\underline{\underline{H}}_E$) suivent une distribution normale de moyenne nulle et de variance unitaire. La communication a pour but d'atteindre Bob si bien que le produit entre la matrice de précodage $\underline{\underline{H}}^*_B$ et le canal de Bob $\underline{\underline{H}}_B$ donne un gain réel à chaque symbole, dépendant du BOR. Pour Ève, le gain entre $\underline{\underline{H}}^*_B$ et $\underline{\underline{H}}_E$ est complexe et ne dépend pas du BOR. Du BA ($\underline{W}$) est ajouté et une optimisation analytique de l'énergie à transmettre est dérivée dans [2] pour maximiser le SR. Le signal transmis est donné par :

$$\underline{X}_{\mathrm{TR}} = \sqrt{\alpha}\,\underline{\underline{H}}^*_{\mathrm{B}}\underline{\underline{S}}\,\underline{X} + \sqrt{1-\alpha}\,\underline{W} \qquad \text{(eq.1)}$$

où le coefficient α détermine le pourcentage d'énergie envoyée dédié à la donnée utile. Le SR est défini comme la différence des capacités entre les canaux de Bob et Ève :

$$C_S = \mathbb{E}\left[\log_2(1+\gamma_B) - \log_2(1+\gamma_E)\right] \quad , \quad \gamma_B > \gamma_E \qquad \text{(eq. 2)}$$

où γ_B et γ_E sont les RSIB à Bob et Ève respectivement.

3 Résultats

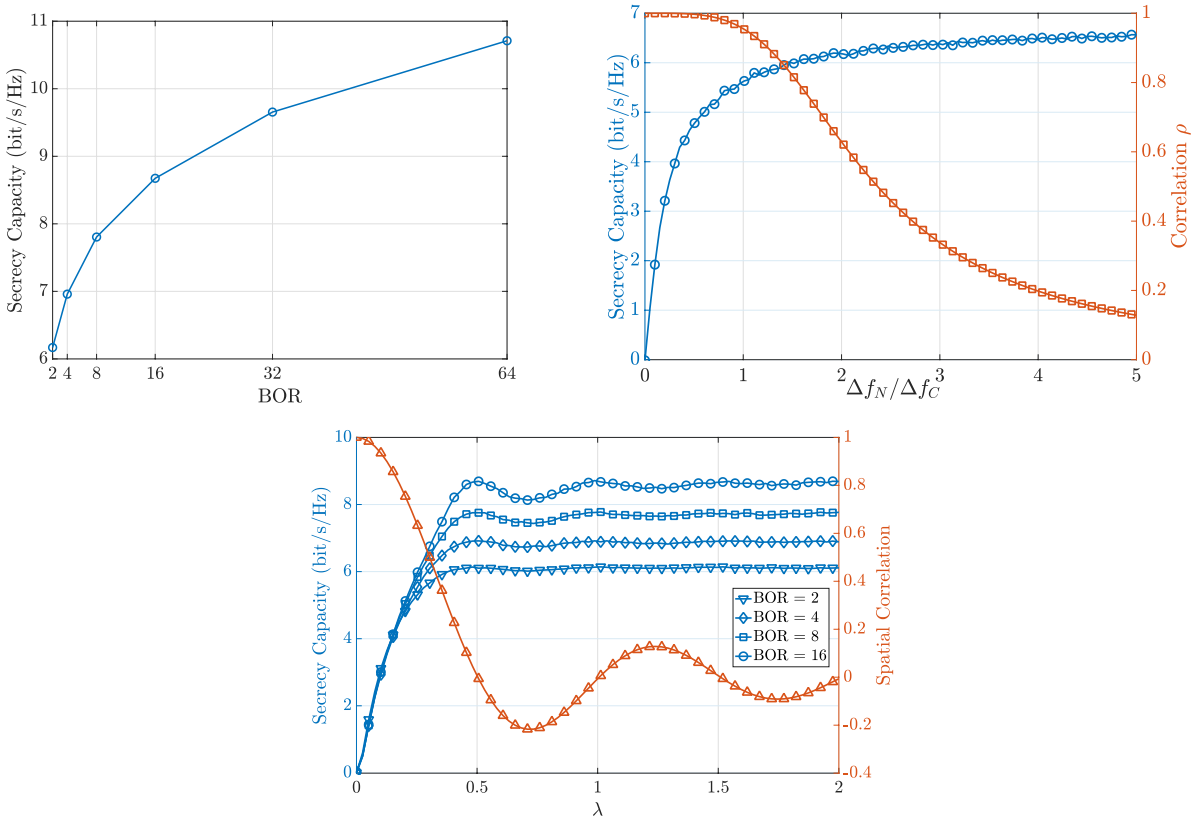

Figure 2.SR en fonction du BOR (gauche), de la corrélation fréquentielle (droite) et spatiale (bas), E_b/N_0=20 dB

La figure de gauche montre les valeurs maximales de SR atteintes en fonction du BOR, lorsqu'aucune corrélation (spatiale et entre sous-porteuses) n'est considérée. On s'aperçoit que, lorsque le BOR augmente, le SR augmente. Ceci provient du fait que l'on jouit de plus de diversité fréquentielle pour des larges valeurs de BOR, augmentant ainsi le gain TR à Bob, et donc le SR de la communication. La figure du centre montre l'effet de la corrélation entre sous-porteuses

(dans les canaux $\underline{\underline{H}}_B$ et $\underline{\underline{H}}_E$) sur les valeurs de SR. Δf_N est défini comme la bande fréquentielle entre les BOR composantes d'un même symbole, et Δf_C est la bande de cohérence du canal. Lorsque $\Delta f_N < \Delta f_C$, la corrélation entre les BOR composantes d'un même symbole est grande, la diversité fréquentielle du canal est moindre, i.e. forte corrélation fréquentielle, ce qui diminue le SR (ici pour un BOR de 4). La figure de droite montre l'effet de la corrélation spatiale dans un environnement isotrope entre Bob et Ève, en fonction de la longueur d'onde λ, sur le SR. Lorsqu'ils sont suffisamment proches, i.e., $d < \lambda/3$, la corrélation est élevée et l'effet du précodage RT diminue, réduisant le SR atteint.

4 Conclusion

Ce papier présente un schéma de SCP pour une communication SISO MROF dans le DF avec RT. Le SR atteint augmente dès lors que l'on jouit au maximum de la diversité fréquentielle du canal de propagation. Les performances du schéma étudié dépendent donc fortement de l'effet du canal de propagation.

5 Remerciements

Ce travail a été soutenu par le projet ANR GEOHYPE, bourse ANR-16-CE25-0003 de l'Agence Nationale de la Recherche Française, et par l'Action du COST CA15104 IRACON.

6 Références bibliographiques

[1] S. Golstein, J. Sarrazin, T-H. Nguyen, P. De Doncker, F. Horlin, Physical Layer Security in Frequency-Domain Time-Reversal SISO OFDM Communication, DOI: 1910.01905, 2019
[2] T-H. Nguyen, J-F. Determe, M. Van Eeckhaute, J. Louveaux, P. De Doncker, F. Horlin, Frequency-Domain Time-Reversal Precoding in Wideband MISO OFDM Communication Systems, DOI: 1904.10727, 2019