

Influence du canal de propagation sur la sécurité d'une communication SISO utilisant le retournement temporel dans le domaine fréquentiel et l'ajout de bruit artificiel

S.J. Golstein^{1,2}, T-H. Nguyen¹, P. De Doncker¹, F. Horlin¹, J. Sarrazin²

¹ : Wireless Communication Group, Université Libre de Bruxelles, 1050 Bruxelles, Belgique

² : Laboratoire d'Électronique et Électromagnétisme L2E, Sorbonne Université, 75005 Paris, France
sigolste@ulb.ac.be

Résumé

Ce papier présente une technique permettant de sécuriser une communication au niveau de la couche physique. Un précodage en renversement temporel implémenté dans le domaine fréquentiel avec ajout de bruit artificiel est proposé. L'effet du canal de propagation sur les performances en termes de sécurité est particulièrement étudié.

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 de la diversité dans le 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 suréchantillonner 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 profiter d'un gain dû à la diversité fréquentielle du canal de propagation [1]. Afin de sécuriser la communication, 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 ici proposée.

2. Modèle du système

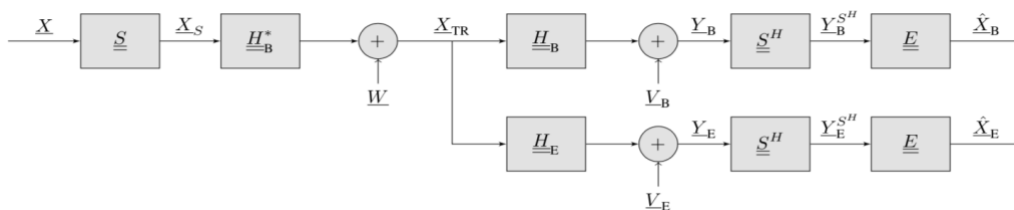


Figure 1. RT SISO MROF DF système avec ajout de BA

Le modèle considéré est présenté en Figure 1. Un bloc de données X composé de N symboles normalisés est envoyé. Chaque symbole est transmis via BOR sous-porteuses ($Q=U.N$ sous-porteuses seront utilisées à la transmissions) via la matrice de spreading S . Les canaux de Bob (H_B) et d'Ève (H_E) suivent une distribution normale complexe standard. La communication a pour but d'atteindre Bob si bien que le produit entre la matrice de précodage H_B^* et le canal de Bob H_B donne un gain réel à chaque symbole, dépendant du BOR. Pour Ève, le gain entre H_B^* et H_E est complexe et ne dépend pas du BOR. Du BA (W) est ajouté et une optimisation analytique de l'énergie à

transmettre est dérivée pour maximiser le SR. Le signal transmis est donné par :

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

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 :

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

où γ_B et γ_E sont les Rapport Signal à Bruit + Interférences (SINR) à Bob et Ève respectivement.

3. Résultats

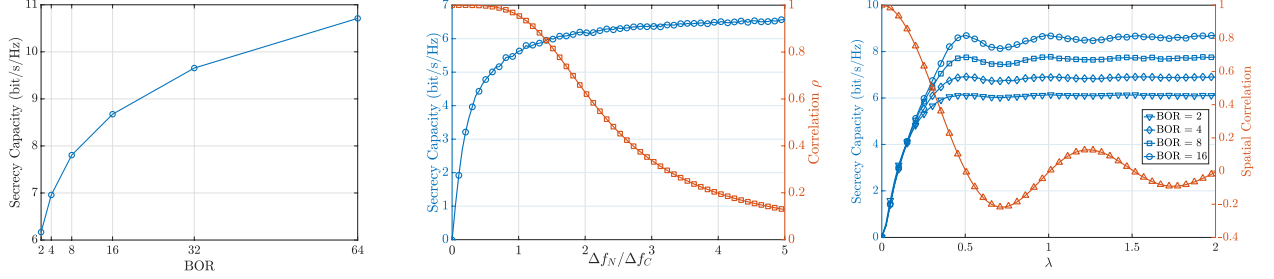


Figure 2. SR en fonction du BOR (gauche), de la corrélation fréquentielle (centre) et spatiale (droite), $E_b/N_0=20$ dB

La figure de droite montre les valeurs maximales de SR atteintes en fonction du BOR, lorsqu'aucune corrélation dans le canal (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 bénéficie 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 fréquentielle entre sous-porteuses (dans les canaux H_B et H_E) introduite par le canal 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 (fortement multi-trajet) 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 GEOHYPER, bourse ANR-16-CE25-0003 de l'Agence Nationale de la Recherche Française, et par l'Action du COST CA15104 IRACON.

6. Bibliographie

[1] 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