

Gestion des interférences et application aux transmissions full-duplex par nano-satellite : nouvelles formes d'onde et démodulation conjointe.

Laboratoire : Lab-STICC/CACS/COM, UMR 6285, CNRS, IMT Atlantique, Campus de Brest, en collaboration avec l'ENSTA Bretagne et le CNES.

Encadrants : Karine Amis (IMT Atlantique), Frédéric Guilloud (IMT Atlantique), Denis Le Jeune (ENSTA Bretagne), Jean-Pierre Issler (CNES).

Contexte

En télécommunications, une transmission duplex se fait très généralement en doublant la ressource physique utilisée afin de séparer les deux sens (duplexage fréquentiel, temporel, ou en polarisation par exemple). On parle alors de *half-duplex*. Cette séparation est d'autant plus nécessaire du fait de la grande différence de puissance entre le signal envoyé et le signal reçu (classiquement de l'ordre de 110 dB, mais pouvant dépasser 130 dB pour les communications satellite [1]).

Cependant, il est possible de viser de plus grandes efficacités spectrales en évitant le doublement de la ressource. Dans ce cas, il faut traiter l'interférence créée par le signal émis sur le signal reçu, et on parle alors de transmission *full-duplex*. Cela peut se faire par exemple comme dans la technique Doubletalk [2,3] où on utilise le fait que le signal émis est connu : il peut alors être soustrait au signal reçu (annulateur d'écho adaptatif). Cette technique permet de rejeter l'interférence d'environ 28 à 35dB [3]. Cela suffit pour effectuer une communication *full-duplex* avec 2 antennes directives émission / réception si leurs diagrammes de rayonnement sont suffisamment disjoints (découplage d'antennes).

Pour les nanosatellites [4] (de type « CubeSat » par exemple), le découplage d'antennes n'est pas possible par manque de place. On peut alors avoir recours à des techniques analogiques [5,6] en complément de l'annulateur d'écho adaptatif mais le rejet global de l'interférence reste insuffisant.

Sujet

On se propose dans cette thèse d'améliorer les traitements numériques de l'interférence en considérant non pas la réjection d'interférence mais l'utilisation de la diversité temporelle présente de façon inhérente entre les deux signaux indépendants. En effet, même si les 2 signaux ont des caractéristiques communes, ils transportent une information différente qui les conduit à avoir certaines différences (phase, symboles transmis, décalages temporels et fréquentiels, etc.) que l'on peut alors essayer d'utiliser pour les séparer.

Dans une première phase, on considèrera une transmission *half-duplex*. L'étude portera d'abord sur les spécifications d'une forme d'onde permettant d'arriver à cette condition de séparabilité. La problématique peut être envisagée sous deux aspects : soit pour améliorer les performances de détection du signal transmis, soit pour améliorer les performances de détection du signal reçu. En d'autres termes, le premier aspect considère la conception d'une forme d'onde robuste vis-à-vis des interférences créées par le signal reçu, le second cherche à réduire l'interférence créée sur le signal reçu.

Avec cette nouvelle forme d'onde choisie, le travail pourra se poursuivre en évaluant sa robustesse vis-à-vis d'un signal interférent différent (brouilleur), puis en étudiant la démodulation conjointe des 2 signaux dans des conditions dites « sous-déterminées » (interception). Dans une deuxième phase, les résultats seront appliqués au cas de la transmission *full-duplex*.

Bibliographie

- [1] Eugene Grayver, Ryan Keating, Adam Parower, " Feasibility of Full Duplex Communications for LEO Satellite ", IEEE Aerospace Conference, Mars 2015.
- [2] « Self-interference cancellation for relayed communication networks », US Patent US006011952A – January 2000 – Viasat, Inc.
- [3] « Optimizing Satellite Communications Using DoubleTalk® Carrier-in-Carrier® & CDM-625 Advanced Satellite Modem », White Paper Comtech EF Data Corporation – Dec. 2010.
- [4] « Le CNES et Nexeya investissent pour développer une filière industrielle de nanosatellites », communiqué de presse, CNES, 18 mai 2017, consultable sur <https://presse.cnes.fr/fr/le-cnes-et-nexeya-investissent-pour-developper-une-filiere-industrielle-de-nanosatellites>
- [5] M. Jain, et al., "Practical, real-time, full duplex wireless", Proc. International Conference on Mobile Computing and Networking Mobicom 2011, Las Vegas, NV, USA, September 2011- pp. 301-312.
- [6] D. Bharadia, E. McMillin, and S. Katti, "Full duplex radios," Proc. SIGCOMM'13, Hong-Kong, August 2013.