

Stage M2/Ingénieur

Identification d'émetteurs radioélectriques par variance multi-échelle du bruit. Application à la guerre électronique

Mots clefs

Guerre électronique, Oscillateurs, Bruits et fluctuations de phase et de fréquence, Variance d'Allan, Variance de Pincibono, Variance d'Hadamard, Dérive en fréquence, Marche aléatoire, Bruit de scintillement.

Laboratoire d'accueil

Ecole Navale/ENSAM: Institut de Recherche de l'Ecole Navale (EA 3634)

Durée: 5 à 6 mois

Date de début: Mars 2023

Description de l'offre

En guerre électronique, la connaissance du terrain et les acteurs sur le site d'intérêt est capitale. Avec l'augmentation du nombre de sources électromagnétiques (émetteurs Radars,...), la caractérisation ou la discrimination des émetteurs dans un tel environnement électriquement dense devient très compliquée. L'identification robuste des émetteurs radioélectriques sur un théâtre d'opération est une préoccupation constante tant pour le recueil d'information que pour la sécurité de des liaisons. Nous pouvons citer comme exemples d'émetteurs le Radar ou le système AIS. Trouver des solutions efficaces pour caractériser les émetteurs est un problème qui reste posé, qui représente aussi un verrou technologique à lever. Les industriels du secteur de la défense sont donc confrontés à la problématique de trouver de nouvelles solutions afin de caractériser les émetteurs. Une des solutions à ce problème est l'identification de la signature d'un émetteur par l'analyse du bruit rayonné par ce dernier. Cela revient à mesurer les instabilités en fréquence des oscillateurs des émetteurs. Ces instabilités de fréquence et de phase peuvent être caractérisées par des processus aléatoires représentés classiquement sous forme statistique indifféremment dans les domaines temporel et/ou fréquentiel. Dans le domaine fréquentiel l'instabilité de fréquence peut être définie par plusieurs densités spectrales unilatérales à loi de puissance. Dans la pratique, on observe que pour de nombreux oscillateurs, les fluctuations aléatoires résultent en fait de la somme de cinq processus de bruits indépendants identifiés et caractérisés. En réalité 2 ou 3

processus de bruit suffisent à décrire les fluctuations de fréquence aléatoires d'un oscillateur, les autres peuvent être négligés.

L'objectif de ce stage est la caractérisation d'un émetteur (AIS, Radar,...) en estimant la variance multi-échantillon du bruit généré. Sur une durée d'observation donnée du signal, différents types de bruit peuvent être identifiés. Ces classes de bruit et leur nombre sont très discriminants pour un émetteur. Ainsi, l'identification de la signature d'un l'émetteur nécessite l'acquisition de signaux émis par ce dernier et une mesure de variance, comme par exemple celle d'Allan, Hadamard ou de Picinbono. Les coefficients des processus aléatoires ou bruits peuvent être déterminés à partir des courbes log-log de la variance variance (Allan...) obtenues en faisant varier le temps d'intégration. C'est cette propriété que nous désirons utiliser dans ce projet afin d'essayer de caractériser les émetteurs (oscillateur) en fonction de la valeur des coefficients de chacune des densités spectrales des processus de bruit, ce qui revient à dire caractériser les émetteurs en fonction de la contribution respective de chacun des types de bruit parmi les 5 évoqués.

Pour l'acquisition des données, nous disposons à l'école navale d'un récepteur (goniomètre) allant jusqu'à 6 GHz permettant d'acquérir des signaux dans la gamme des communications. Pour l'application Radar, le cas échéant, il faudrait des données disponibles (des données acquises par THALES, Radar de navigation par exemple). Le travail comportera plusieurs étapes :

- 1) Réalisation d'un état de l'art sur la variance multi-échantillons
- 2) Des simulations de calcul de variance idéalement à l'aide d'un plan d'expérience
- 3) Déterminer un algorithme automatique de calcul des contributions respectives des sources de bruit à partir de signaux synthétiques (réalité terrain connue).
- 4) Valider l'algorithme et déterminer ses limites
- 5) Valider la capacité à identifier des émetteurs à l'aide d'un scénario réel mis au point à l'Ecole Navale
- 6) Une analyse comparative sera menée.

Références

- [1] D. W. Allan, Statistics of atomic frequency standards, *Proc. IEEE*, vol. 54, no. 2, pp. 221–230, 1966.
- [2] J. A. Barnes, Atomic timekeeping and the statistics of precision signal generators, *Proc. IEEE*, vol. 54, no. 2, pp. 207–220, 1966.

- [3] D.W. Allan and J. Levine, A historical perspective on the development of the Allan variances and their strengths and weaknesses, *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 63, no.4, pp. 513-519, 2016.
- [4] H. Xu, S. Guerrier, R. Molinari and Y. Zhang, A Study of the Allan variance for constant-mean non-stationary processes, *IEEE Sig. Proc. Lett.*, vol. 24, no. 8, pp. 1257-1260, 2017.
- [5] D.B. Percival, A wavelet perspective on the Allan variance, *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 63, no. 4, pp. 538-554, 2016.
- [6] S. Bregni and L.Jmoda, Accurate estimation of the Hurst parameter of long-range dependent traffic using modified Allan and Hadamard variances, *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 56, no. 11, pp. 1900-1906, 2008.
- [7] A. Makdissi, F. Vernotte, and E. de Clercq, Stability variances: a filter approach, *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 57, no. 5, pp. 1011-1028, 2010.
- [8] E. Masry, Flicker noise and the estimation of the Allan variance, *IEEE Trans. Information Theory*, vol. 37, no. 4, pp. 1173-1177, 1991.
- [9] L. Galleani and I. Sesia, The corrected Allan variance: stability analysis of frequency measurements with missing data, *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 66, no. 10, pp. 1667-1683, 2019.
- [10] L. Galleani and P. Tavella, The dynamic Allan variance V: Recent advances in dynamic stability analysis, *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 63, no. 4, pp. 624-634, 2016.
- [11] L. Galleani and P. Tavella, The dynamic Allan variance, *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 56, no. 3, pp. 450-464, 2016.
- [12] C.A. Greenhall, The third-difference approach to modified Allan variance, *IEEE Trans. Meas.* Vol. 64, no. 3, pp. 696-703, 1997.

Profil du candidat

Compétences et profil recherchée pour ce stage :

- Compétences fortes en traitement du signal (Analyse fréquentielle, estimation,...).
- Bac+5 - Diplôme École d'ingénieurs ou équivalent.
- Connaissances générales du domaine des capteurs et des oscillatoires souhaitées.
- Rigueur et qualité de programmation sous Matlab ou Python.
- Autonomie et capacité d'adaptation.
- Qualités rédactionnelle et de présentation.

Localisation du poste

Brest (Ecole Navale, Lanvéoc)

Durée du contrat (en mois)

5 mois

Rémunération (Financement THALES Brest)

1000 Euros/mois

Possibilité de poursuite en thèse

Oui

Avantages

Restauration d'entreprise (Prix très attractif).

Contacts:

Jean-Jacques SZKOLNIK, Dr. Ingénieur (jj.szkolnik@ecole-navale.fr)

Abdel BOUDRAA, Professeur des Universités (boudra@ecole-navale.fr)

