

Titre de la thèse - PhD Title:

Localisation d'une cible mobile de façon passive à partir de plusieurs drones non synchronisés par une approche ensembliste

Collaboration- Partnership: Thales-ENSTA-LabSTICC

Laboratory : Lab-STICC

ENSTA-Bretagne

École doctorale : SPIN

Financement - Funding: Bourse CIFRE

Date envisagée de démarrage - Expected start:

Contacts:



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom



THALES

Environnement académique - Context :

Le développement rapide des drones de petite taille (type quad-rotor) ouvre la voie à de nombreuses applications dans le domaine du renseignement d'origine électromagnétique ELINT.

Le développement d'une charge embarquée dédiée à la réception et à l'enregistrement de données codeurs présente plusieurs avantages :

La possibilité d'atteindre des altitudes non atteignables à partir d'un bâtiment permet d'éloigner l'horizon radioélectrique et d'augmenter la surface couverte par les antennes

L'agilité de déplacement en latitude/longitude permet à la fois d'intercepter un grand nombre d'émetteurs et d'évaluer des algorithmes de localisation par défilement.

L'utilisation de plusieurs antennes permet de créer une base de mesure de très grande dimension afin d'obtenir une localisation très précise des sources d'émission

Avec la technologie actuelle, il est envisageable d'embarquer un récepteur muni de plusieurs voies de réception avec une fréquence d'échantillonnage de plusieurs centaines millions d'échantillons complexes par seconde.

Ces systèmes étant passifs, il est seulement possible de déterminer la direction d'arrivée des signaux. Ainsi, pour localiser un émetteur mobile, il est nécessaire de disposer de plusieurs drones équipés de ces charges réceptrices. La localisation peut alors être effectuée par plusieurs méthodes : MAOA (Multiple Angle Of Arrival), DTPL (Différence de Temps de Passage de Lobe), TDOA (Time Difference Of Arrival). Ces méthodes ont des sensibilités différentes, en particulier à la précision de synchronisation inter-drone des échantillons enregistrés.

Contexte et état de l'art scientifique - context and scientific state of the art

Ci-dessous sont présentés un ensemble d'éléments de bibliographie utiles pour le travail de thèse prévu dans ce projet.

C. Knapp, G. Carter : The generalized correlation method for estimation of time delay, *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 24, n°4, pp. 320-327, 1976.

J.-F. Grandin, J. Colasson : Analysis of a feasible MP-TDOA ESMS system for SAM threats, *Cognitive Systems with Interactive Sensors (COGIS)*, 2009.

T. Sathyan, A. Sinha, T. Kirubarajan : Passive geolocation and tracking of an unknown number of emitters, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 42, n°2, pp. 740-750, avril 2006.

H. Seuté, C. Enderli, J. F. Grandin, A. Khenchaf, J.-C. Cexus : Experimental Measurement of Time Difference Of Arrival, *International Radar Symposium*, mai 2016.

R. Ardoino, F. Capriati : DTOA estimation of pulse trains by means of cross-correlation technique, *IEEE Radar Conference*, pp. 1-6, 2008.

R. Ardoino, F. Capriati, A. Zaccaron : Performances of a DTOA estimation algorithm based on Cross-Correlation Technique, *International Radar Symposium*, IEEE, pp. 1-4, 2006.

G. Jacovitti, G. Scarano : On the time delay measurements by the average magnitude difference function, in *12° Colloque sur le traitement du signal et des images*, GRETSI, 1989.

K. C. Ho, Y. T. Chan, R. J. Inkol : Pulse arrival time estimation based on pulse sample ratios. *IEE Proceedings-Radar, Sonar and Navigation*, vol. 142 n°4, pp. 153-157, 1995.

H. Seuté, J. F. Grandin, C. Enderli : Why synchronization is a key issue in modern electronic support measures, *16th International Radar Symposium (IRS)*, IEEE, pp. 794-799, juin 2015.

G. Lingren, K. F. Gong : Position and velocity estimation via bearing observations, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, n°4, pp. 564-577, 1978.

L. Jaulin , M. Kieffer, O. Didrit and E. Walter (2001). *Applied Interval Analysis with Examples in Parameter and State Estimation, Robust Control and Robotics*.

Objectifs de la thèse- Expected contributions of the Thesis

Le présent projet de thèse porte sur la localisation d'une cible mobile de façon passive, à partir de plusieurs drones non synchronisés mais qui connaissent leur position avec une certaine précision. On pourra supposer que la cible se déplace avec une vitesse et un cap constants.

Les travaux proposés visent entre autres à :

- Effectuer un état de l'art des techniques de synchronisation de cartes de réception RF (Radio Fréquence)
- Proposer une architecture de système de synchronisation de récepteur RF
- Caractériser l'impact de la synchronisation sur les performances de localisation des différentes méthodes
- Estimer l'impact de la précision de mesure de la position et du mouvement des porteurs sur la localisation des émetteurs
- Considérer l'impact de ces différentes incertitudes sur l'évaluation de la localisation de la source, avec une approche ensembliste, de façon à obtenir des garanties de localisation. Ces garanties pourront ensuite être exploitées pour éclairer sans ambiguïtés les suites à donner à la mission (modifier la formation pour accroître la précision, déclencher une procédure de confirmation visuelle...)
- Effectuer une campagne de mesures réelles afin de d'évaluer les techniques développées

Développer des stratégies de planification de chemins ou trajectoires afin d'accroître la précision de localisation, la synchronisabilité, la communication entre drones...

Le planning prévisionnel de la thèse est le suivant :

1ere année :

- Recherche bibliographique
- État de l'art des solutions matérielles de synchronisation
- Recherche d'une architecture candidate pour expérimentation
- Formalisation du problème sous la forme d'un problème d'estimation conjointe d'état et de paramètres. Proposer à la fois une approche probabiliste et ensembliste pour la caractérisation de l'incertitude.
- Prise en main et exploitation des outils de résolution intervalles du problème de localisation
- Formation du candidat au pilotage de drone et obtention des qualifications requises

- Conception d'un scénario réaliste illustrant à la fois la dimension académique et opérationnelle du sujet.
- Début de développement d'un simulateur permettant de réaliser différents scénarios avec différentes approches.

2eme année :

- Implémentation de l'architecture retenue et validation des performances attendues
- Montage sur les drones et tests en vol
- Recueil de mesures et estimation des sensibilités de la méthode (ensembliste)
- Développement d'une méthode capable de caractériser l'ensemble des positions pour la cible qui sont consistantes avec les mesures effectuées et les bornes d'erreurs retenues pour les capteurs.
- Ecriture d'un article sur la méthode retenue pour la localisation de la cible.
- Formalisation du problème de planification de chemins / trajectoires pour optimiser l'observabilité du problème.

3eme année :

- Établissement d'une solution au problème de planification
- Essais en environnement maîtrisé pour qualifier la chaîne algorithmique
- Étude et exploitation de la sensibilité de la méthode globale pour un (éventuel) pilotage réactif de la formation de drones (2 dans un premier temps si disponible)
- Mise au point d'une stratégie de validation expérimentale en environnement réaliste dans un premier temps, puis en environnement réel.
- Rédaction de la thèse.