

## SUJET de THESE

### Détection et poursuite multiradar par fusion de données bayésienne

**DOMAINE SCIENTIFIQUE:** Ingénierie de l'Information et Robotique

**THEMATIQUE:** Traitement de l'Information / Techniques innovantes pour le traitement radar

**MOTS CLES :** Modélisation de système, traitement du signal, filtrage non-linéaire, fusion de données, radar passif, détection, poursuite, cibles manoeuvrantes, cibles fantômes.

#### 1- Contexte général

Les systèmes multiradar permettent de fusionner les données traitées par plusieurs radars afin d'exploiter au mieux les spécificités de chaque système. L'utilisation de plusieurs sources d'information permet d'obtenir une image globale de la situation dans une région de surveillance plus vaste que celle correspondant à chaque radar pris isolément. De plus, la distribution spatiale des radars permet une localisation et une identification plus précise des cibles. Enfin, la reconfiguration du système de surveillance est également plus aisée en cas de défaillance d'un ou plusieurs radars. Un avantage supplémentaire à la mise en réseau de plusieurs radars est une amélioration de la robustesse du système en cas de brouillage électromagnétique, qu'il soit intentionnel ou non intentionnel. Les éventuelles perturbations subies par l'un des radars pourront en effet ne pas affecter les autres senseurs, en fonction de leurs localisations géographiques, leurs fréquences de travail, leurs formes d'onde.

Les systèmes multiradar sont utilisés tant pour les applications civiles (contrôle du trafic aérien) que militaires (radar actifs [3] et passifs [4]).

Un radar actif génère lui-même l'impulsion radio qui permet d'écouter l'écho produit par les cibles. Par corrélation du signal reçu avec l'impulsion radio émise, on obtient une version bruitée de la fonction d'ambiguïté qui permet l'extraction de plots correspondant à la détection de la distance et de la vitesse radiale des cibles. Si un dispositif de traitement d'antenne est disponible, on peut également avoir accès à l'angle d'arrivée des cibles. Des algorithmes de pistage sont ensuite utilisés pour lier par filtrage les plots ainsi obtenus à des cibles. Le traitement multiradar consiste alors à échanger et à intégrer les données en provenance de plusieurs radars afin d'améliorer les performances globales. La détection et la poursuite multiradar peut être réalisée par fusion de données soit directement au niveau des plots [1] soit au niveau des pistes [2].

Dans le cas d'un radar passif, on utilise la réflexion des ondes radio ambiantes sur les cibles afin de localiser celles-ci. Cette technique permet, outre une discrétion et une non détectabilité évidente, une grande souplesse lors d'un déploiement sur site, car aucune autorisation d'émission radioélectrique n'est alors à solliciter. On peut utiliser les émissions radio, de télévision, de téléphones portables, mais aussi les radars ennemis ainsi que les transmissions des satellites de télécommunication ou de géolocalisation. Dans le cas le plus simple (cas bistatique), un émetteur envoie un signal radiodiffusé souvent avec une puissance rayonnée importante et une antenne réceptrice distante reçoit ce signal en trajet direct, ainsi qu'une copie réfléchi sur la cible. La position de l'antenne émettrice et réceptrice étant parfaitement connues, après corrélation du signal réfléchi avec le signal émis, il est possible d'extraire des plots permettant d'identifier les cibles par leur distance bistatique et leur Doppler. Un traitement multiradar est également envisageable (cas multistatique). Dans ce cas, on utilise plusieurs émetteurs au lieu d'un seul, qui transmettent des signaux sur des bandes de fréquences distinctes. On parle alors de détection passive conjointe «multi-bandes». Une autre solution consiste à utiliser un émetteur unique et plusieurs récepteurs distribués dans le volume de surveillance. Des études récentes ont montré que l'utilisation de la radio HF permet une localisation de cibles jusqu'à 100 km avec une précision inférieure à 15 km. Actuellement, un intérêt particulier est porté aux modulations numériques COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) de type DAB (Digital Audio Broadcasting) et DVB (Digital Video Broadcasting). En effet, les bonnes propriétés de leur fonction d'ambiguïté permettent une localisation de cibles jusqu'à 100 km avec une précision inférieure à 100 m.

#### 2- Sujet de recherche

Dans un système multiradar, les régions de surveillance de radars voisins dans l'espace se chevauchent. Ainsi chaque cible pourra être détectée par plusieurs radars. Le problème de détection

et de poursuite des cibles devient alors un problème de fusion optimale des informations extraites par les radars vus comme un réseau de capteurs.

Récemment, un grand intérêt s'est manifesté pour les réseaux bayésiens [5], une technique qui permet de représenter sous forme d'un modèle graphique les relations de dépendance entre les variables cachées et les observations. Cette technique donne lieu à une méthode d'inférence bayésienne sous forme d'un algorithme à passage de messages. Dans le cas présent, les variables cachées que l'on cherche à estimer sont les vecteurs position et vitesse des cibles et les plots obtenus par chaque radar jouent le rôle d'observations bruitées. Les techniques de type «track-before-detect», qui permettent de détecter les cibles furtives, pourront également être envisagées. Dans ce cas les observations bruitées seront les données brutes en sortie du corrélateur sans seuillage.

Ce travail de thèse portera sur la fusion de données à l'aide de réseaux bayésiens, permettant de faire fonctionner un ensemble de capteurs radar de nature différente, afin de faciliter la détection de plusieurs cibles en même temps. Les algorithmes à passage de message permettant l'échange d'informations entre des radars mis en réseau, fournissent une solution naturelle à ce problème. En particulier, une solution devra être trouvée au fait que le nombre de cibles est a priori inconnu et au fait que les cibles apparaissent et disparaissent de façon dynamique. Outre une amélioration sensible de la précision de la localisation des cibles, un bénéfice attendu est la résolution du problème des «cibles fantômes», c'est-à-dire des cibles inexistantes apparaissant lors du calcul de la position des cibles par les techniques de multilatération [6]-[8].

Après avoir défini les algorithmes permettant la mise en oeuvre de la fusion de données multiradar, une étude théorique ainsi que des simulations numériques permettront de quantifier les gains de performance accessibles. On s'intéressera tout particulièrement à l'amélioration des performances des capteurs passifs en terme de qualité de détection, de précision de localisation et de robustesse vis-à-vis des fausses alarmes.

### 3- Bibliographie

- [1] A. Farina and S. Pardini, "Multiradar tracking system using radial velocity measurements," IEEE Trans. Aero. and Elect. Systems, Vol. 15, No. 4, July 1979.
- [2] C.-Y. Chong, S. Mori and W.H. Baker, "Architectures and algorithms for track association and fusion," IEEE Aero. and Elect. Systems Magazine, January 2000.
- [3] C.J. Baker and A.L. Hume, "Netted radar sensing," IEEE Aero. and Elect. Systems Magazine, February 2003.
- [4] P. Poullin, "Passive detection using digital broadcasters (DAB, DVB) with COFDM modulation", IEE Proc.-Radar Sonar Navig., Vol. 152, No. 3, June 2005.
- [5] L. Chen, M. Cetin and A. Willsky, "Distributed data association for multi-target tracking in sensor networks", 8th Int'l. Conference on Sensor Fusion, 2005.
- [6] B. Mojarrabi, J. Homer, K. Kubik, I.D. Longstaff and J. Palmer, "Analytical solution for target location using bistatic multi-transmitter and multi-receiver techniques", IEEE Radar Conference, September 2003.
- [7] Khalil Jishy, "Pistage de cibles manoeuvrantes en radar passif par filtrage à particules gaussiennes". Thèse de doctorat de Telecom SudParis et de l'UPMC, mars 2011. Jury: J.-L. Zarader, S. Marcos, J.-C. Noyer, G. Salut, F. Lehmann, F. Gosselin et J. Blanc-Talon.
- [8] M. Daun and U. Nickel, "Tracking in multistatic passive radar systems using DAB/DVB-T illumination", Signal Processing, 2011.

#### 4- Présentation du laboratoire d'accueil

Dénomination : TELECOM SudParis – Département CITI  
Adresse complète : 9, rue Charles Fourier - 91011 EVRY Cedex  
Nom du directeur : Prof. Wojciech PIECZYNSKI  
Site web : <http://www.it-sudparis.eu/citi/>

Expérience acquise et moyens disponibles au laboratoire :

Les domaines de compétences du Département CITI sont au coeur des technologies de l'information et de la communication. Les recherches s'articulent autour de méthodes de traitement du signal et des images faisant largement appel aux formalismes mathématiques récents ou innovants. Les activités sont réparties dans deux domaines d'enseignement et de recherche : Communications sans fil ; Images et Optimisation.

Les enseignants-chercheurs de CITI participent au laboratoire CNRS SAMOVAR (UMR 5157) .

#### 5- Mode de financement envisagé

Bourse DGA.

Conditions d'accès:

Peuvent faire acte de candidature les étudiants:

- issus de l'union européenne;
- âgés de moins de 27 ans au 1er octobre de l'année considérée;
- titulaires d'un Master ou d'une équivalence leur permettant de s'inscrire en thèse, ou en cours de préparation à ce diplôme pendant l'année de dépôt de la candidature

#### 6- Qualification du candidat recherché

Ecole d'Ingénieur 3ème année ou Master orienté traitement du signal.  
Par ailleurs, de bonnes connaissances en traitement statistique du signal et/ou en traitement du signal radar sont souhaitables afin de mener à bien cette thèse.

#### 7- Dépôt de candidature

Envoyer un CV + lettre de motivation à :

Nom: Frédéric LEHMANN

Adresse: 9, rue Charles fourier  
91011 EVRY

e-mail: [frederic.lehmann@it-sudparis.eu](mailto:frederic.lehmann@it-sudparis.eu)

site web: <http://www-public.it-sudparis.eu/~lehmann/>