



MIMO Radar Processing Methods for Anticipating and Compensating Real World Imperfections

Soutenance de thèse de Mathieu CATTENOZ

Mercredi 27 mai 2015 à 10h00

Centrale Supélec à Gif-Sur-Yvette (amphi Boucherot)*

Devant le jury :

Rapporteurs :

- Philippe FORSTER, Professor (Univ. Paris-Ouest and SATIE, ENS Cachan)
- Xavier NEYT, Professor (Royal Military Academy, Bruxelles)
-

Examineurs :

- François LE CHEVALIER, Professor (Delft University of Technology and Thales)
- Josef WORMS, Mathematician (FHR, Fraunhofer-Gesellschaft)
- Pascal CHEVALIER, Professor and Expert (CNAM and Thales-Communications-Security)
- Sylvie MARCOS, Thesis director, Director of Research (L2S)
- Laurent SAVY, Thesis supervisor, Engineer (ONERA)
- Philippe BROUARD, Thesis supervisor, Engineer (ONERA)
- Laurent CONSTANCIAS, Thesis supervisor, Engineer (ONERA)

Invités :

Chin Yuan CHONG, Senior researcher (DSO, Singapore)
Erwan Comte (DGA)

Résumé :

Le concept du radar MIMO est prometteur vis-à-vis des nombreux avantages qu'il apporte par rapport aux architectures radars actuelles : flexibilité pour la formation de faisceau à l'émission — large illumination de la scène et résolution fine après traitement notamment — et allègement de la complexité des systèmes, via la réduction du nombre d'antennes et la possibilité de transférer des fonctions de contrôle et d'étalonnage du système dans le domaine numérique. Cependant, le radar MIMO reste au stade du concept théorique, avec une prise en compte insuffisante des impacts du manque d'orthogonalité des formes d'onde et des défauts matériels.

Ce travail de thèse, dans son ambition de contribuer à ouvrir la voie vers le radar MIMO opérationnel, consiste à anticiper et compenser les défauts du monde réel par des traitements numériques. La première partie traite de l'élaboration des formes d'onde MIMO. Nous montrons que les codes de phase sont optimaux en termes de résolution spatiale. Nous présentons également leurs limites en termes d'apparition de lobes secondaires en sortie de filtre adapté. La seconde partie consiste à accepter les défauts intrinsèques des formes d'onde et proposer des traitements adaptés au modèle de signal permettant d'éliminer les lobes secondaires résiduels. Nous développons une extension de l'Orthogonal Matching Pursuit (OMP) qui satisfait les conditions opérationnelles, notamment par sa robustesse aux erreurs de localisation, sa faible complexité calculatoire et la non nécessité de données d'apprentissage. La troisième partie traite de la robustesse des traitements vis-à-vis des écarts au modèle de signal, et particulièrement la prévention et l'anticipation de ces phénomènes afin d'éviter des dégradations de performance. En particulier, nous proposons une méthode numérique d'étalonnage des phases des émetteurs. La dernière partie consiste à mener des expérimentations en conditions réelles avec la plateforme radar MIMO Hycam. Nous montrons comment les différentes distorsions subies impactent les performances des traitements en termes de détection.

Mots-clefs : radar MIMO, forme d'onde MIMO, réduction des lobes secondaires, traitement dépendant du modèle de signal, OMP, IAA, écart au modèle, expérimentation.

Summary:

The MIMO radar concept promises numerous advantages upon today's radar architectures: flexibility for the transmitting beampattern design — including wide scene illumination and fine resolution after processing — and system complexity reduction, through the use of less antennas and the possibility to transfer system control and calibration to the digital domain. However, the MIMO radar is still at the stage of the theoretical concept, with insufficient consideration of the impacts of waveform lack of orthogonality and system hardware imperfections.

This thesis work, in its ambition to contribute to paving the way to the operational MIMO radar, consists in anticipating and compensating the imperfections of the real world with processing techniques. The first part deals with MIMO waveform design and we show that phase code waveforms are optimal in terms of spatial resolution. We also exhibit their limits in terms of sidelobes appearance at matched filter output. The second part consists in taking on the waveform intrinsic imperfections and proposing data-dependent processing schemes for the rejection of the residual sidelobes. We develop an extension for the Orthogonal Matching Pursuit (OMP) that satisfies operational requirements, especially localization error robustness, low computation complexity, and nonnecessity of training data. The third part deals with processing robustness to signal model mismatch, especially how it can be prevented or anticipated to avoid performance degradation. In particular, we propose a digital method of transmitter phase calibration. The last part consists in carrying out experimentations in real conditions with the Hycam MIMO radar testbed. We exhibit how the different encountered distortions affect the processing performance in terms of detection.

Keywords: MIMO radar, MIMO waveform, sidelobe mitigation, data-dependent processing, OMP, IAA, model mismatch, experimentation.

***Se rendre à CentraleSupélec :**

- En voiture : 3 Rue Joliot-Curie, 91190 Gif-sur-Yvette. Code parking : 7605# ou 7605*
- En transports : RER B depuis Paris jusqu'à Massy-Palaiseau puis bus 91-06 jusqu'à l'arrêt "Moulon"
- Amphi Boucherot (au fond de l'école, sur la gauche)