



Sélection et Reconnaissance de Drones par Deep Learning

Drone recognition by Deep Learning

Soutenance de thèse de Julien Gérard
Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay

Sciences et Technologies de l'Information et de la
Communication (STIC) - Spécialité de doctorat : Informatique

16/02/2022 à 14 heures

Amphithéâtre III Bâtiment Eiffel, CentraleSupélec
Accès distanciel à la soutenance, précisé ultérieurement par email

Devant le jury composé de :

Tristan Cazenave, Université Paris-Dauphine, Rapporteur
Laurent Ferro-Famil, Université de Rennes 1, Rapporteur
Alexandre Benoit, Université Savoie Mont-Blanc, Examineur
Devan Sohier, UVSQ, Université Paris-Saclay, Examineur
Mihai Datcu, German Aerospace Center DLR/CNAM, Examineur
Joanna Tomasik CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Directeur de thèse
Olivier Schwander, LIP6, Université Pierre et Marie Curie, Examineur
Christèle Morisseau, ONERA, Encadrant
Arpad Rimmel, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Encadrant
Gilles Vieillard, ONERA, Encadrant

Résumé

Dans un contexte de protection de sites sensibles, la reconnaissance des drones commerciaux est l'un des enjeux majeurs actuels. Ces drones sont suffisamment performants pour effectuer des missions complexes potentiellement nuisibles, tout en étant assez petits pour être accessible à tous (maniabilité, prix) et échapper aux moyens de surveillances actuels. De nouveaux systèmes doivent donc être mis en place. Un axe de recherche privilégié pour ces systèmes se base sur le phénomène radar micro-Doppler.

Le phénomène Doppler est un décalage fréquentiel du signal réfléchi par une cible en mouvement. Accompagnant ce décalage, le phénomène micro-Doppler consiste en un ensemble de modulations créé par les mouvements internes de la cible, notamment les rotations des pales. Nous étudions le potentiel du micro-Doppler avec des outils Deep Learning pour résoudre notre problème de reconnaissance de drones.

Nous avons alors besoin de données. Une première piste s'oriente vers des modélisations électromagnétiques du micro-Doppler. En la développant, nous observons ses limites qui plaident à disposer de données réelles. Cependant, ces données sont rares et incomplètes. Nous réalisons donc une campagne de mesures.

Une fois les données collectées, nous nous retrouvons face à un nouvel obstacle : leur représentation. Il n'existe ainsi pas d'espace de représentation standard de données utilisé pour classifier des drones, ce qui compromet la comparaison des études. Nous observons alors l'impact de ces différents formats sur la classification de nos signaux avec des réseaux de neurones. A la suite des expériences conduites, nous proposons à la communauté un format standard possédant de très bonnes performances pour les différentes conditions d'utilisations étudiées : le format WSP (Weighted Spectrum Format).

Nous pouvons alors aborder un problème majeur en radar: le manque de mesures représentatives de la diversité des situations réelles. Notre objectif est de maintenir nos performances sur de petites bases de données. Nous examinons des algorithmes d'augmentation de données conçus à partir de GAN (Generative Adversarial Network). Nous proposons en parallèle une nouvelle mesure de la qualité de ces algorithmes basée sur l'utilité et non seulement sur le réalisme des données générées. Cette mesure est suffisamment générale pour être applicable dans de nombreux autres domaines de recherche. Nous développons une procédure de calibration des GANs afin d'identifier à moindre coût les hyper-paramètres clés. Grâce à celle-ci nous mettons en place un GAN obtenant une augmentation de la classification des drones statistiquement significative grâce aux signaux qu'il génère.

Encouragés par ce résultat, nous implémentons alors des GANs plus avancés. Nous nous basons sur la conjugaison des signaux radar et des informations accessibles sur ces signaux (vérité terrain). Nos expériences nous permettent alors d'atteindre les performances précédentes. Actuellement, nous identifions des axes de résolutions, que nous prévoyons de développer, pour les dépasser.

Mots clés

Drones, micro-Doppler, réseaux de neurones, apprentissage profond
Drones, micro-Doppler, neural network, Deep Learning