

TITRE DE LA THESE : Reconnaissance aveugle de signaux de communication acoustiques sous-marins

Direction de thèse : SOCHELEAU François-Xavier

Co-encadrant·es : HOUCKE Sébastien

Laboratoire(s) : Lab-STICC

Equipe(s) de recherche : SI3

Département(s) IMT Atlantique : MEE

S'agit-il d'une thèse en cotutelle internationale ?

~~Oui~~ Non

Si oui, organisme avec lequel la cotutelle est envisagée :

Le sujet proposé présente-il un caractère interdisciplinaire ?

~~Oui~~ Non

Si oui, expliquer brièvement pourquoi (2 ou 3 lignes) :

La source du co-financement est-elle identifiée ?

Oui ~~Non~~

Si oui, préciser quel co-financement est envisagé :

- Reliquats de contrats sur les activités de SI3

Autres informations :

Informations utiles que vous souhaiteriez communiquer (si pertinent) :

Contexte ou état de l'art scientifique :

La caractérisation du paysage sonore sous-marin sur une zone géographique donnée est primordiale pour la sécurisation des espaces maritimes. Du fait du déploiement croissant de capteurs télé-opérés (drones, bouées ou autres), de plus en plus de signaux de communication acoustiques figurent parmi les sources d'intérêt à caractériser. La rétro-ingénierie de la couche protocolaire des liens de communication par un système de surveillance permet d'extraire de nombreuses informations utiles pour des tâches de renseignement ou de détection de menaces. Ces informations peuvent porter par exemple, sur le type de capteur sur zone, la fonction du capteur, le propriétaire du capteur, ou encore la distance entre le capteur et la station de contrôle. A ce jour, les signaux de communication ne sont peu ou pas exploités pour ces missions de renseignement.

Objectifs de la thèse :

La littérature scientifique sur la rétro-ingénierie de la couche physique des systèmes de communications est relativement fournie [1]. Toutefois, celle-ci se limite essentiellement à des contextes de communications radiofréquences terrestres et n'est pas directement applicable sous l'eau. En effet, le canal de propagation acoustique sous-marin (ASM) peut fortement distordre les signaux transmis et modifier les signatures usuelles utilisées pour la reconnaissance [2]. De plus, du fait de l'hétérogénéité de l'environnement, les méthodes de reconnaissance doivent être généralisables en maintenant des performances de classification élevées même lorsque les distributions des données d'apprentissage diffèrent significativement des distributions observées en situations opérationnelles. Enfin, certaines classes de modulation sont propres au contexte ASM.

Dans ce contexte, les principaux objectifs identifiés sont :

1. Recenser et déterminer les caractéristiques discriminantes des signaux de communications ASM.
2. Étudier l'impact du canal de propagation sur ces caractéristiques (notamment la compression-dilatation Doppler ou la dispersion modale).
3. Proposer des méthodes d'extraction automatique de ces caractéristiques.
4. Construire des architectures d'apprentissage permettant l'extraction conjointe de caractéristiques et la reconnaissance de modulations. Ces architectures devront être spécifiques au contexte ASM et offrir un potentiel intéressant de généralisation pour être exploitable en contexte opérationnel.
5. Tester ces méthodes en contexte réaliste. Tout d'abord avec les outils de simulation par rejeu de données réelles développés à IMT Atlantique [3,4] et ensuite avec des essais en mer via nos contacts industriels ou institutionnels.

Ce projet permettra de contribuer aux enjeux actuels d'identification de menaces qui pèsent sur les intérêts et les droits souverains des Etats et sur leurs territoires maritimes. C'est également un levier pour dynamiser nos relations avec les acteurs économiques, étatiques ou scientifiques qui développent, déploient ou exploitent des capteurs ou plateformes sous-marines (DGA-Tn, Ifremer, SHOM, Sercel, Naval Group, Thales, RTSys, IxBlue, etc.).

[1] : Zhu, Z., & Nandi, A. K. (2015). Automatic modulation classification: principles, algorithms and applications. John Wiley & Sons.

[2] : Socheleau, F. X. (2022). Cyclostationarity of Communication Signals in Underwater Acoustic Channels. IEEE Journal of Oceanic Engineering.

[3] : van Walree, P. A., Socheleau, F. -X., Otnes, R., & Jensen, T. (2017). The watermark benchmark for underwater acoustic modulation schemes. IEEE journal of oceanic engineering, 42(4), 1007-1018.

[4] : Socheleau, F. -X., Christophe L., Passerieux, J.-M., "Parametric replay-based simulation of underwater acoustic communication channels." IEEE Journal of Oceanic Engineering 40.4 (2015): 796-806.

Compétences attendues du ou de la candidat·e :

Indispensable :

- Communications numériques
- Traitement du signal
- Matlab, Python

Souhaitable :

- Acoustique sous-marine
- Apprentissage automatique

Capacités et aptitudes :

- Autonomie, esprit d'initiative
- Travail d'équipe
- Expression écrite et orale professionnelle en français et en anglais