

Étude de faisabilité d'une identification d'émetteurs AIS en environnement contrôlé par analyse de signaux



BOISRIVEAU Emma, SZKOLNIK Jean-Jacques, DARÉ-EMZIVAT Delphine, COLLIN Steven, AVERTY Tristan
[boisriveau.eleve, jj.szkolnik, delphine.dare, steven.collin, tristan.averty]@ecole-navale.fr

IRENav, École Navale / Arts & Métiers ParisTech, BCRM Brest, CC 600 – Lanvéoc, 29240 Brest, France.

Résumé

Nous présentons une **nouvelle approche de l'identification d'émetteurs AIS** en s'appuyant sur les **caractéristiques des signaux reçus en bande de base**. En effet, afin de contrer les usurpations d'identité de ces émetteurs, il est impératif de les différencier de manière robuste. Dans ce travail, nous proposons d'appliquer une **technique de classification** en exploitant notamment des **attributs extraits de la fréquence instantanée du signal reçu**. Une **campagne de mesures expérimentales** incluant l'utilisation de **radios logicielles** a permis de bénéficier d'un ensemble complet de données pour mener à bien ce travail. Les premiers résultats sont prometteurs et ont confirmé la pertinence de cette approche. Une séparation efficace des différentes sources de signaux a été obtenue avec des valeurs de précision extrêmement satisfaisantes, prouvant la faisabilité d'une telle méthode. Ainsi, ces résultats, obtenus sur des **signaux réels en environnement contrôlé**, offrent une perspective intéressante pour l'amélioration de la sécurité maritime grâce à une **identification plus fiable d'émetteurs AIS**.

AIS (Automatic Identification System)

Figure 1 – Communications AIS

Temps de montée	8 bits
Séquence de conditionnement	24 bits
Fanion de début	8 bits
Données	168 bits
CRC	16 bits
Fanion de fin	8 bits
Tampon	24 bits

Table 1 – Constitution d'une trame AIS de 256 bits (~ 26.7 ms)

Signal AIS, ramené en bande de base :

$$s(t) = I(t) + jQ(t) \quad (1)$$

Identification d'émetteurs AIS

Figure 2 – Principe de l'identification d'émetteurs AIS

Dispositif expérimental et tâches

Matériel

- 4 radios-logicielles de types différents :
 - 3 USRP2930
 - 1 USRPE310
- 1 récepteur : Rohde&Schwarz EM200

Figure 3 – Radio USRP2930

Deux tâches de classification

- Tâche n° 1** : Déterminer le type de radio-logicielle (USRPE310 vs USRP2930)
- Tâche n° 2** : Identifier la radio-logicielle spécifique au sein d'un même type (USR2930_2 vs USR2930_3 vs USR2930_4)

Figure 4 – Dispositif expérimental

Pré-traitements et attributs extraits

① Choix d'un motif pour extraction des signaux utiles (~ 21 bits) :

Figure 5 – Motif de corrélation servant à l'extraction des signaux utiles

② Extraction de la **fréquence instantanée** du signal utile dans chaque trame AIS : $f_{inst}(t) = \frac{1}{2\pi dt} \arg(s(t))$

Figure 6 – Fréquence instantanée d'un signal utile

Figure 7 – Distribution des amplitudes de la fréquence instantanée

③ Extraction de 13 attributs de ces signaux utiles :

- Moyenne (μ) de la fréquence instantanée
- Écart-type (σ) de la fréquence instantanée
- Puissance moyenne (P) de la fréquence instantanée
- Skewness (γ_1) de la fréquence instantanée
- Kurtosis (γ_2) de la fréquence instantanée
- 6 premiers pics spectraux de la fréquence instantanée
- Centreïde spectral μ_F de la fréquence instantanée
- Dispersion dans le diagramme de constellation ►

Figure 8 – Diagramme de constellation

Résultats avec une forêt aléatoire

Figure 9 – Matrice de confusion pour la tâche n° 1

Vrais émetteurs	USR2930	USR310
USR2930	174	0
USR310	0	643

Figure 10 – Matrice de confusion pour la tâche n° 2

Vrais émetteurs	USR2930_4	USR2930_3	USR2930_2
USR2930_4	214	3	1
USR2930_3	0	194	8
USR2930_2	0	4	190

Conclusion & Perspectives

	Tâche n° 1	Tâche n° 2
Forêt aléatoire	100 %	97.39 %
SVM	100 %	92.18 %
Réseaux de neurones	100 %	95.44 %

Table 3 – Taux de décisions correctes de différents algorithmes

- Signaux réels issus d'une expérimentation
- Taux d'identifications correctes supérieur à 97%
- Tests à effectuer en milieu ouvert
- Recherche de nouveaux attributs pertinents
- Capter et traiter des vrais signaux AIS

XXX^e Colloque GRETSI | Strasbourg, 25 – 29 Août 2025