

Amélioration des techniques de reconnaissance automatique de mines marines par analyse de l'écho à partir d'images sonar haute résolution

Contexte :

Les progrès technologiques de ces dernières années permettent de faire de l'imagerie des fonds marins avec une très haute résolution. La guerre des mines a tout naturellement exploité les performances des sonars classificateurs utilisant la haute fréquence pour saisir les petits détails et finement caractériser les contours des ombres portées des objets immergés [QUID-01].

La très haute résolution obtenue par synthèse d'ouverture permet d'envisager l'enrichissement des techniques de classification sur ombre actuelles d'une classification sur écho [HAYE-04] [PINT-06]. L'ombre acoustique résulte de l'absence de signal rétrodiffusé et peut être représentée de façon binaire par une fonction booléenne caractérisant sa présence. L'écho acoustique, créé par l'interaction entre l'onde incidente et l'objet à caractériser, possède un contenu informatif beaucoup plus riche. La démarche s'appuie sur celle employée pour le traitement de l'ombre avec trois étapes majeures : la détection de la zone d'intérêt, l'extraction de paramètres discriminants et la classification. Dans le cadre de cette thèse, la plus grande partie du travail concerne les deux premières étapes, étant entendu que l'étape de classification fera appel à des techniques classiques afin de valider la pertinence des paramètres extraits.

En première approche, la zone d'intérêt, c-a-d l'écho, peut être étudiée sous deux aspects :

1. En 2D : dans le domaine de la reconnaissance de formes, en analysant la forme 2D de l'écho comme cela a été fait pour l'ombre.

Plusieurs pistes sont envisageables parmi lesquelles les modèles structurels [COCQ-95]. Ceux-ci agissent sur la structure de l'image par l'intermédiaire d'un terme de régularisation afin d'éviter l'instabilité d'un problème inverse basé sur l'attache aux données. Cette piste exige en amont une analyse statistique de la zone d'écho.

2. En 1D : en extrayant de l'a-scan une information sur la structure de l'objet. L'a-scan est issu de l'imagerie médicale ultrasonore. C'est une information disponible et parfois présentée aux opérateurs sonar mais aucun traitement automatique n'y est associé à ce jour.

Cette première approche peut s'appliquer aux images très haute résolution issues soit d'un sonar très haute fréquence, soit d'un sonar opérant à plus basse fréquence mais disposant d'un traitement d'antenne synthétique.

Une seconde approche visant à exploiter spécifiquement les propriétés de l'imagerie très haute résolution obtenue par traitement d'antenne synthétique est envisagée. L'extraction des échos par des techniques dites « multi-look » [FORT-03], généralement employées dans le domaine fréquentiel pour la réduction du speckle, est le point de départ de cette seconde approche. La transposition du « multilook » au domaine spatial en agissant sur le traitement d'antenne synthétique offre plusieurs réalisations statistiques de l'écho sous des incidences très voisines. Le résultat attendu est une meilleure extraction en termes de localisation et de niveau des informations constituant l'écho.

Pour l'ensemble de ces travaux, le passage par une phase de modélisation de la cible est essentiel. La modélisation présente un double intérêt. Elle permet, par ses capacités de séparation et de décomposition des problèmes, la compréhension des phénomènes contribuant à la génération de l'écho. Le second intérêt de la modélisation est la création des signatures acoustiques pertinentes et découplées de l'environnement de mesure indispensables à l'apprentissage de l'algorithme de classification automatique.

Pour cette thèse, la modélisation se fonde principalement sur l'hypothèse d'une longueur d'onde petite par rapport aux dimensions des cibles à classifier [KERV-94]. Cela conduit à ne garder que la partie rigide de la réponse acoustique et à exclure la réponse élastique. Cependant, les détails et discontinuités de la cible pouvant apporter une contribution significative à la structure de l'écho, la possibilité de compléter la modélisation initiale par la prise en compte des phénomènes de diffraction est envisagée.

Objectifs :

Le candidat aura à charge :

- De réaliser une recherche bibliographique des techniques actuelles de reconnaissance automatique d'objets immergés à partir d'images sonar
- D'étudier le développement de traitements 1D et 2D de l'écho à partir d'images sonar hautement résolues
- D'étudier les méthodes d'extraction d'écho se fondant sur une imagerie « multi-look » et exploitant simultanément plusieurs réalisations statistiques de la cible et de son environnement
- De valider les traitements sur signaux simulés. Ceci exigera une modélisation préalable des échos en fonction de l'environnement et des objets ciblés ainsi que la réalisation d'un simulateur.
- De valider ces traitements sur données réelles
- D'étudier l'apport de cette analyse de l'écho à la classification des objets immergés à partir d'images sonar. La fusion des informations extraites des ombres et des échos associés devrait lever un grand nombre d'ambiguïtés encore persistantes en classification sur ombre seule.

Ces travaux bénéficieront en particulier à l'amélioration des techniques de reconnaissance automatique de cibles (ATR : automatic target recognition) pour l'exploration sous-marine.

Laboratoire :

Extraction et Exploitation de l'Information en Environnements Incertains (E³I²-EA3876)

ENSIETA Brest

Directeur du laboratoire : Pr Ali KHENCHAF (ali.khenchaf@ensieta.fr)

Animateur de l'équipe « sonar et perception de l'environnement sous-marin » : Benoît ZERR (benoit.zerr@ensieta.fr)

Profil :

Ces travaux requièrent des compétences en traitement d'images, modélisation et analyse de données.

Une connaissance du domaine sous-marin et de l'acoustique sous-marine sera particulièrement appréciée.

Mots clés : image sonar haute résolution, écho, reconnaissance de formes, a-scan, modélisation

Références :

[COCQ-95] J.-P. Cocquerez, S. Philipp, *Analyse d'images : filtrage et segmentation*, Ed. Masson, 1995.

[HAYE-04] M.P. Hayes and P.T. Gough, "Synthetic aperture sonar: a maturing discipline", *Proceedings of the Seventh European Conference on Underwater Acoustics, ECUA 2004*, Delft, The Netherlands, 5-8 July, 2004.

[KERV-94] G. Kervern, « Applying physical acoustics to near-seafloor object echo-structure estimation », *Journal de Physique IV, Colloque C5, supplément au Journal de Physique III*, Vol. 4, mai 1994.

[PINT-06] M. Pinto, "Design of synthetic aperture sonar systems for high-resolution seabed imaging", tutorial, OCEANS'06 MTS/IEEE Boston, Massachusetts, USA, 18-21 September 2006.

[QUID-01] I. Quidu, « Classification multi-vues d'un objet immergé à partir d'images sonar et de son ombre portée sur le fond », *thèse de doctorat*, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 11 décembre 2001.

[FORT-03] S. A. Fortune, M. P. Hayes, P. T. Gough, "Speckle reduction of synthetic aperture sonar images", World Conference on Ultrasonics, Paris, 7-9 September 2003