

FUSION RADAR-IMAGERIE EN POURSUITE

D. Laneuville et M. Mariton

Division Etudes et Recherche, LTIS

MATRA MS2i, B.P. 235

78052 Saint Quentin en Yvelines.

RÉSUMÉ

La sophistication croissante des mobiles à pister (forte manœuvrabilité et structures furtives) ainsi que l'émergence des capteurs imageurs sont deux faits récents qui motivent une attention renouvelée dans le domaine de la poursuite.

Cet article présente une solution algorithmique originale qui exploite finement la potentialité de cette nouvelle génération de senseurs dans le contexte d'une application de Défense Anti-Aérienne.

ABSTRACT

The ever increasing sophistication of the threat (agile targets and stealthy materials) as well as the emergence of imaging sensors are two recent facts that call for a renewed attention in the field of tracking applications.

Using an air defense scenario, a hybrid tracking algorithm that fully exploits the potentialities of this new hardware is presented.

Introduction

La possibilité pour les cibles agiles de prendre des facteurs de charge très élevés (exemple du Sukhoi 27 au meeting aérien du Bourget) représente un challenge majeur pour les algorithmes de poursuite.

En effet, une grande adaptabilité du filtre est nécessaire si l'on veut à la fois obtenir une précision suffisante pour permettre une désignation d'objectif pendant les manœuvres extrêmes (manœuvre d'attaque en baïonette par exemple) et préserver la qualité de la piste pendant les portions de vol nominal. En termes pratiques, cela implique une reconfiguration du filtre entre les modes "petit gain" et "grand gain".

Cet article souligne dans un premier temps l'apport des capteurs imageurs puis présente une architecture de pisteur hybride utilisant une fusion radar-imagerie. Ce nouveau pisteur est ensuite comparé au pisteur EKF standard.

Capteurs imageurs et non imageurs

Le plus souvent, un mobile manœuvre en changeant la direction de son vecteur vitesse et donc en prenant une accélération latérale. Ceci se traduit par un changement d'attitude et par une modification de son apparence dans l'image (mise en roulis d'un avion qui précède la prise d'un facteur de charge, inversion des chenilles d'un char



pour établir l'algorithme IMMI (Interacting Multiple Model Image based tracker).

Un aspect original de notre travail est d'avoir généré des images dans la bande IR et d'en avoir extrait des attributs pour détecter les manœuvres (typiquement *largeur* et *nombre de pixels*). Ce nouveau pisteur a été comparé au filtre EKF standard dans le cadre d'un scénario de Défense Anti-Aérienne (figure 3) associant un radar 3d ($T = 1s, \sigma_d = 50m, \sigma_\theta = 10mrd$) à un capteur imageur de type FLIR ($T = 0.1s, \sigma_\theta = 2mrd + \text{extraction d'attributs}$). La cible évolue à vitesse constante $v = 350ms^{-1}$ et effectue deux virages successifs avec un taux de charge de $12g$.

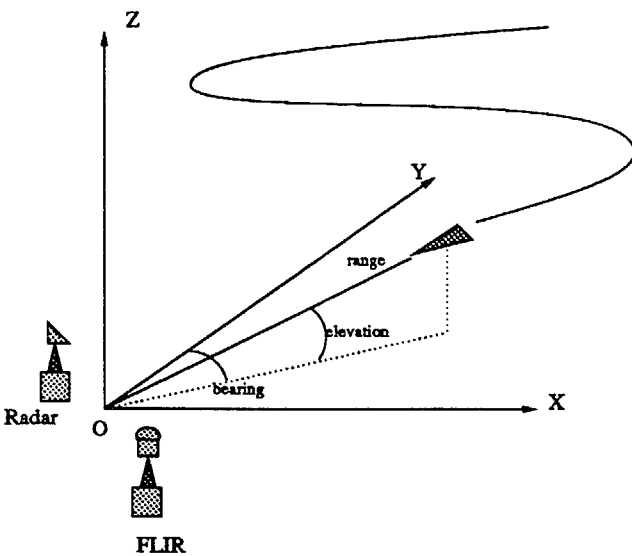


Figure 3: scénario type

On balaie systématiquement la performance de la famille EKF en faisant varier la bande passante par ajustement de l'intensité du bruit de modèle en allant des filtres faible gain aux filtres grand gain (intensité du bruit de modèle σ_v variant de $1ms^{-2}$ à $200ms^{-2}$). Le pisteur EKF, n'étant pas adaptatif, se heurte à un compromis entre l'erreur de croisière et l'erreur pendant la manœuvre, le meilleur compromis étant fourni par le pisteur EKF à gain intermédiaire ($\sigma_v = 20ms^{-2}$). L'IMMI permet de briser cette limite et d'améliorer à la fois l'erreur de croisière et l'erreur en virage comme on peut le constater sur la figure 4.

Conclusion

Un pisteur hybride adapté aux capteurs imageurs a été présenté et la simulation d'un scénario réaliste de Défense Anti-Aérienne démontre une nette amélioration des performances par rapport aux pisteurs EKF classiques.

On souligne ici la faible définition du FLIR simulé (64×64) et le fait que le traitement d'image utilisé est un traitement d'image standard.

Le prolongement naturel de ce travail concerne les aspects de couplage imagerie-pistage. En effet, l'amélioration de la résolution des capteurs imageurs laisse espérer qu'il sera possible dans un avenir proche d'extraire plus que des attributs indicateurs de manœuvre, l'attitude de la cible elle-même, pour l'intégrer au vecteur d'état du pisteur. Ceci fait l'objet d'une étude DRET en cours.

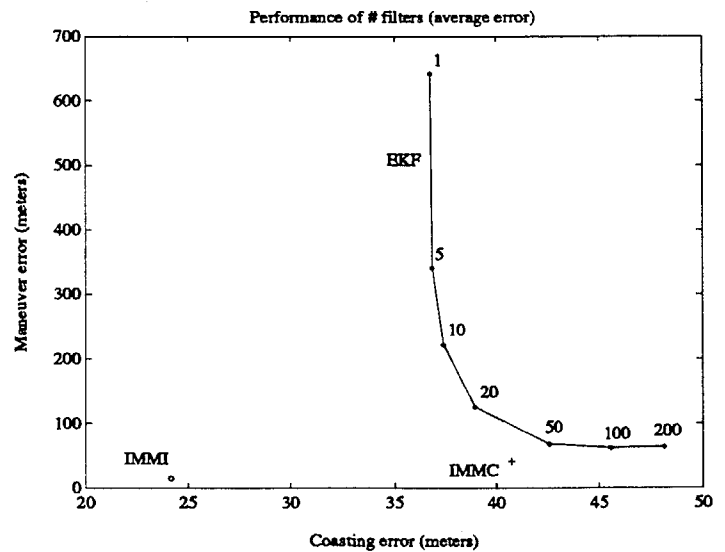


Figure 4: comparaison EKF-IMMI

Références

- [1] Y. Bar-Shalom et T.E. Fortmann, Tracking and Data Association, Academic Press, Orlando, 1988.
- [2] H.A.P. Blom et Y. Bar-Shalom, The Inter-

avant un virage ...).

Les capteurs non-imageurs tels les radars, IRST ou autres, traitent la cible comme une masse ponctuelle et sont par conséquent des indicateurs lents de manœuvres car ils ne peuvent remonter l'effet d'intégration. En effet, une mesure de position ne reflète une manœuvre, c'est à dire physiquement une accélération, qu'à travers deux intégrations soit donc avec une dynamique lente en $\frac{1}{2}\gamma t^2$ (figure 1).

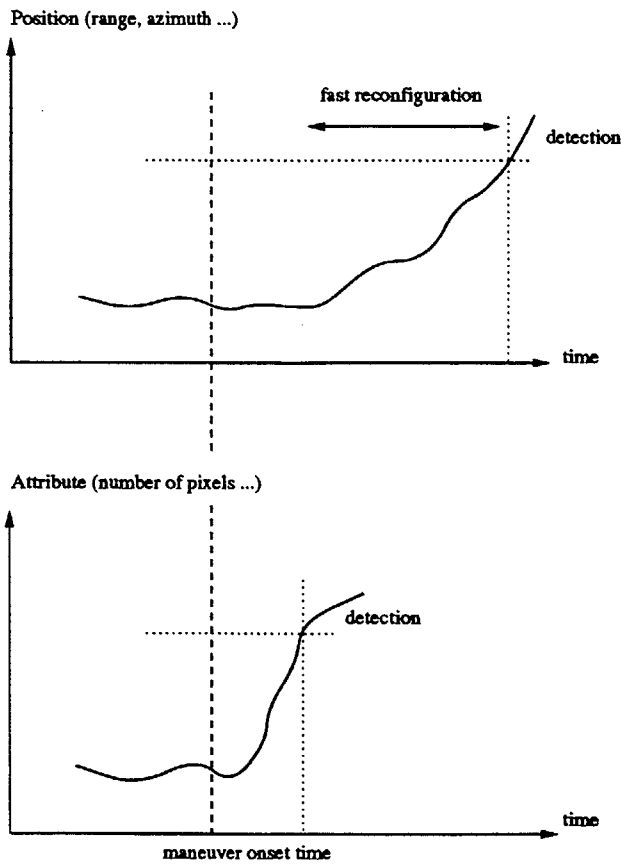


Figure 1: indicateurs de manœuvre

Au contraire, un capteur imageur, grâce au couplage attitude-accélération du mobile, traduit quasi instantanément la manœuvre [7,8].

Poursuite sur imagerie

Les pisteurs hybrides type IMM [2,3 et 6] n'incorporant pas l'imagerie approchent certaine-

ment d'assez près ce qui peut être fait de mieux en terme de complexité/performance à partir de mesures de position : on utilise les erreurs locales aux différents modèles pour déterminer après chaque recalage la vraisemblance a posteriori des différentes hypothèses de manœuvres correspondantes. Comme on l'a expliqué précédemment, l'information de position est intrinsèquement un indicateur lent de manœuvre et le retard à la détection lors des transitions entre le modèle correspondant au régime nominal et celui correspondant à une hypothèse de manœuvre entraîne une erreur conséquente à la fois sur l'estimation et sur la prédiction de la position du mobile. Dans le cadre d'une conduite de tir de char, par exemple, cela implique d'attendre la fin de la manœuvre du char ennemi pour tirer.

L'idée est donc, en conservant le formalisme hybride, d'utiliser un capteur imageur supplémentaire de "régime" pour piloter directement les probabilités des différentes hypothèses de manœuvre et on est ainsi amené à considérer le schéma de poursuite sur imagerie de la figure 2 qui constitue une première réalisation d'une architecture de fusion radar-imagerie.

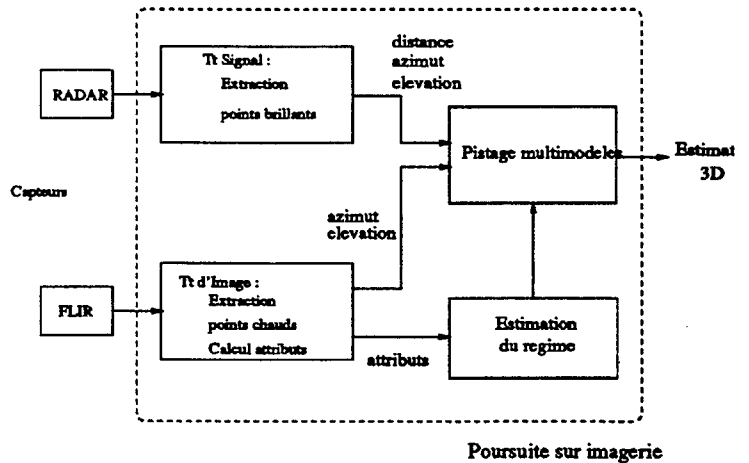


Figure 2: Concept de poursuite sur imagerie

Résultats et simulation

Le pisteur hybride de [5] a été modifié en utilisant le détecteur de manœuvre à imagerie de [4]



acting Multiple Model Algorithm for Systems with Markovian Switching Coefficients, IEEE Transactions on Automatic Control, vol.AC-33, no.8, pp.780-783, Août 1988.

- [3] I. Barret, Synthèse d'Algorithmes de Poursuite Multiradars d'Avions Civils Manœuvrants, Thèse de Doctorat, ENSAE, Toulouse, Juin 1990.
- [4] D. Laneuville et M. Mariton, Image Based Target Maneuver Detection, Proceedings 30th IEEE Conference on Decision and Control, Brighton, 1991.
- [5] F. Dufour et M. Mariton, Tracking a 3D Maneuvering Target with Passive Sensors, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. AES-25, n°4, pp. 725-739, July 1991.
- [6] M. Mariton, Fusion Multi-Capteurs et Pistage de Cibles Manœuvrantes, Revue Scientifique et Technique de la Défense, pp.13-29,3ième Trimestre 1990.
- [7] M. Mariton et D.D. Sworder, Maneuvering Target Tracking : Imaging and Non Imaging Sensors, Advances in Control Systems, C.T. Leondes, Ed., Academic Press, New York, 1992.
- [8] D.D. Sworder et G. Hutchins, Image Enhanced Tracking, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, AES-25, n°5, pp.701-709, Septembre 1989.