

Pistage paramétrable auto-adaptatif pour une veille aérienne multi-capteurs

O. Cuillère*, H. Fargetton**, D. Laneuville* , M. Artaud**

* Laboratoire de Traitement des Images et du Signal
MATRA CAP SYSTEMES 6 rue Dewoitine BP 14 -
78142 Vélizy Villacoublay FRANCE

** CTSN/LSA Arsenal du Mourillon DCN TOULON BP
28 83800 TOULON NAVAL.

Résumé

Les bâtiments de surface élaborent une situation aérienne à partir, d'une part de mesures issues de capteurs de type radar, infrarouge, d'autre part des pistes externes issues d'autres plates-formes (bâtiments de surface, entités terrestres, aériennes). Dans la grande majorité des cas, le choix des algorithmes est figé et ne permet pas toujours d'être optimal.

L'amélioration du système de veille nécessite la mise en oeuvre d'un système de gestion centralisé permettant d'une part de piloter les capteurs, d'autre part le pistage. Le but de cet article est de présenter un pistage paramétrable et auto-adaptatif.

1. Introduction

L'objectif du système de veille est de détecter et de pister les cibles d'intérêt dans sa zone de surveillance. Le système de veille (cf Figure 1) est composé de trois sous-systèmes: les capteurs, le pistage auto-adaptatif et la gestion centralisée.

Le pistage auto-adaptatif est un système de fusion de données de bas niveaux, chargé d'exploiter au mieux les informations des capteurs, il est commandé par le sous-système de gestion centralisée.

La suite de l'article s'articule de la manière suivante. Après une rapide description du système de veille (§2), les différents algorithmes mis en oeuvre dans le pistage sont présentés (§3), enfin les principes d'adaptation et de paramétrage du pistage sont décrits au paragraphe 4. Les résultats obtenus sont présentés au paragraphe 5.

Abstract

Surface ships elaborate an air tactical situation using sensor measurements, radar, IR, and external coming from other platforms (ships, ground or air units).

By and large, algorithms selection is fixed and does not lead to optimality in all cases.

The improvement of a surveillance system implies the existence of a centralized tasking system enabling sensor and tracking tuning.

The aim of this paper is to present a parametrized adaptive tracking system.

2. Présentation du système de veille

Le système de veille (cf Figure 1) se décompose en trois grands sous-systèmes :

- Les capteurs fournissent au pistage les informations de type plots permettant d'élaborer la situation aérienne locale du bâtiment. Les différents capteurs présents sont, d'une part, des radars, d'autre part, un capteur infrarouge. Trois radars font partie du système de veille, deux radars 2D (courte portée, longue portée), un radar 3D moyenne portée.

- Le pistage auto-adaptatif est chargé, au sein du système de veille d'exploiter au mieux les plots fournis par les capteurs pour pister les cibles; il est commandé par la gestion de la veille.

- La gestion de la veille a pour rôle de contrôler/commander les capteurs et le pistage afin d'obtenir la meilleure situation aérienne possible.



3. Algorithmes du pistage

Le but de cet article n'est pas de faire un état de l'art des nombreuses méthodes existantes [2], [3] on s'attachera donc dans ce paragraphe à présenter brièvement les algorithmes sélectionnés.

Classiquement les problèmes à résoudre pour réaliser un système de poursuite multi-capteurs, multi-cibles se regroupent en trois grandes fonctions : Initialisation, Corrélation, Filtrage.

-1- Deux types de solution ont été implantés pour l'initialisation : mono-capteur et multi-capteurs :

- Les techniques mono-capteur retenues sont la méthode M/N [2], le "SPRT" (Séquential Probability Ratio Test [3]) et une méthode auto-adaptative de référence.
- La méthode d'initialisation multi-capteurs consiste à introduire un seuil intermédiaire, ou nombre de mises à jour selon la méthode, entre le score de confirmation et de destruction. Lorsqu'une piste dépasse ce seuil, on cherche à l'associer avec une piste d'un autre capteur dans le même état. Si une telle piste existe on associe les deux pistes et on leur affecte un nouveau score dont l'élaboration permet d'accélérer le passage à l'état confirmé.

-2- La corrélation intervient à chaque réception d'un ensemble de mesures. Afin de limiter les calculs et les cas de conflits, on procède généralement en deux phases. La première phase, dite de pré-corrélation, permet de sélectionner les plots appartenant à une zone de validation de la piste [2],[3]. Dans la deuxième phase, plusieurs manières de procéder sont envisageables [2],[3] suivant que l'on cherche à associer un plot au plus par piste ou bien que l'on accepte de traiter plusieurs hypothèses. Les méthodes retenues sont les suivantes :

- Le plus proche voisin simple (PPVS), on affecte le plot le plus proche de la piste indépendamment des autres pistes.
- Le plus proche voisin global (PPVG), on affecte à chaque piste le plot le plus proche en minimisant la somme des distances des associations plot-piste (algorithme de Munkres [3]).

- Le PDAF: Le Probabilistic Data Association Filter [2] permet de traiter le problème mono-piste dans une zone dense de fausse-alarme. Du point de vue de la corrélation, il consiste à prendre en compte tous les plots pré-correlés à une piste.

- Le Track-Splitting: Cette méthode permet de gérer un ensemble d'hypothèses lorsque plusieurs plots sont pré-correlés à une piste. Pour éviter l'explosion combinatoire les mécanismes de création et d'élagage sont ajustés en fonction du contexte.

-3- Les méthodes de filtrage sont utilisées pour estimer les paramètres cinématiques des objets poursuivis et dans le processus de corrélation; la technique de base est le filtre de Kalman.

Les capacités de manoeuvres des objets poursuivis, la présence de fausse alarme, peuvent entraîner respectivement un décrochage, ou une divergence du filtre de kalman , soit une dégradation forte des performances du pistage. Nous avons retenus parmi les très nombreuses solutions proposées dans la littérature [2],[4] trois types de méthodes:

- Les filtres à covariance asservie du type Castella [2] dont un filtre de référence appelé le FCA.
- Les filtres Multi-modèles et plus particulièrement l'IMM (Interacting Multiple Model [2] [4]).
- Le filtre PDAF (Probabilistic Data Association Filter) [2].

La poursuite pouvant s'effectuer en 2D ou 3D, différentes versions des filtres sont élaborées.

4. Principes d'adaptation du pistage

Les différents algorithmes constituant le pistage permettent, de couvrir l'ensemble des problèmes que l'on peut rencontrer, que ce soit en présence de fausses-alarmes et/ou de cibles manoeuvrantes ...

Le but de ce paragraphe est de décrire les principes de paramétrage et de commande du pistage par la gestion centralisée.

Le paramétrage se fait selon deux types de découpage de l'espace de travail; un premier basé sur des zones distances; le second basé sur un maillage en (site, azimut, distance).

4.1. Mécanismes de commandes

Deux modes sont possibles :

- A l'initialisation, par zone distance, il s'agit alors de :

- Choisir les filtres de poursuite en fonction de la manoeuvrabilité des cibles d'intérêt et des senseurs présents sur cette zone. Selon la couverture multi-capteurs, c'est la probabilité de détection du radar 3D qui permet de décider entre l'utilisation d'un estimateur 2D ou 3D.
- Choisir l'algorithme d'initialisation en fonction d'un part de la cinématique des cibles d'intérêt, d'autre part du taux de recouvrement multi-capteurs de la zone (choix entre initialisation mono-capteur et multi-capteurs).
- Choisir la dureté des réglages et des priorités à partir de la connaissance *a priori* sur la fausse alarme des capteurs et de leurs performances relatives.

- En régime normal, l'adaptation est dynamique, elle influe sur les points suivants:

- Modification éventuelle des filtres de poursuite soit par zone en fonction du niveau de saturation des ressources du calculateur, soit par piste suivant leur identification. Des techniques de passage entre les différents filtres ont donc été mises au point.
- Réglage de la dureté de l'initialisation de chaque capteur et par maille. Pour cela les informations exploitées sont les observations concernant les plots isolés et les pistes potentielles, la tenue par les autres capteurs de leurs objectifs de détection et enfin des ressources de calcul disponibles.
- Réglage de la dureté de la corrélation de chaque capteur et par maille. Pour cela les informations exploitées sont les observations concernant les plots isolés, la tenue par les autres capteurs de leurs objectifs de détection et enfin des ressources de calcul disponibles.
- Ajustement pour chaque maille des priorités entre les capteurs présents.

4.2 Adaptation Corrélation/Initialisation

4.2.1. Corrélation

Les objectifs de la corrélation sont triples, il s'agit de ne pas avoir de décrochage des pistes à cause de faux plots, de gérer au plus tôt les éclatements de raids et de ne pas saturer le calculateur. Pour cela, l'adaptation se fait par maille selon quatre niveaux de réglage (passante, normale, dure, sans), chaque niveau correspondant à une politique d'utilisation des algorithmes retenus. Les information utilisées sont les cartes de densité plots et les cartes de couvertures des différents capteurs.

Les règles d'adaptation de la corrélation sont mono-radar (règles 1 à 4) et multi-radars (règle 5) :

- R1 La corrélation est "passante" lorsqu'il n'y a pas d'anomalie de densité plots.
- R2 Le corrélation est "normale" si la densité plots est moyenne.
- R3 La corrélation est "dure" si la densité plots est forte et radar 3D.
- R4 La corrélation est "sans" si la densité plots est forte et radar 2D.
- R5 Si la corrélation est "sans" pour tous les radars alors on fait passer le niveau à "dur" pour le "meilleur" radar (priorité capteurs).

Selon le niveau de réglage, le processus de corrélation se passe comme décrit ci-après. La pré-corrélation utilise deux types de fenêtres, une fenêtre F0 calculée à partir de l'état extrapolé de la piste et une fenêtre F1 fonction des capacités de manoeuvres des cibles (on exclut de cette dernière la zone correspondant à la fenêtre F0). Pour résoudre les conflits de pré-corrélation on utilise le PPVG et le PPVS.

En réglage passant ou normal, on met en œuvre le processus de Track-Splitting sur les plots de la fenêtre F1:

- systématiquement en réglage passant,
- uniquement en l'absence de plot dans F0 en réglage normal.

En réglage dur, on utilise le PDAF avec les plots de F0 uniquement.



4.2.2 Initialisation

Les objectifs de l'Initialisation sont de minimiser le temps d'initialisation et de contrôler le taux de fausses pistes.

Pour cela, l'adaptation se fait par maille selon quatre niveaux de réglage (passante, normale, dure, sans), chaque niveau correspondant à un réglage adapté des algorithmes d'initialisation. Les informations utilisées sont les cartes de densité plots, les cartes de pistes potentielles et les cartes de couverture. Les pistes potentielles sont des pistes, détruites durant l'initialisation, ayant atteint un certain score ou nombre de mises à jour suivant la méthode utilisée.

Les règles d'adaptation de l'initialisation sont mono-radar (règles 1 à 4) et multi-radars (règle 5) :

- R1 L'initialisation "passante" et "normale" sont interdites si la densité plots est forte.
- R2 L'initialisation "passante" est interdite si la densité plots est moyenne.
- R3 L'initialisation est durcie d'un niveau si l'anomalie pistes potentielles est forte.
- R4 L'initialisation est descendue d'un niveau s'il n'y a pas d'anomalie pistes potentielles.
- R5 Si L'initialisation est "sans" pour tous les radars alors on fait passer le niveau à "dur" pour le "meilleur" radar (priorité capteurs).

5. Résultats

Le pistage auto-adaptatif a été développé et implanté en Ada sur station de travail, ainsi que l'ensemble du système de veille, en respectant scrupuleusement l'ordonnancement des traitements temps réels.

Les algorithmes développés en utilisant au maximum la généricité ont été évalués et réglés séparément afin d'affiner leurs paramètres. Les données utilisées étaient à la fois des enregistrements réels (fausse-alarme) et des données simulées pour tout ce qui concerne les cibles. Les résultats obtenus ont été comparés à un pistage de référence classique, basé sur des algorithmes figés, réglés au mieux.

Les gains obtenus ont été de l'ordre de 30% par rapport à des critères classiques de précision, taux de

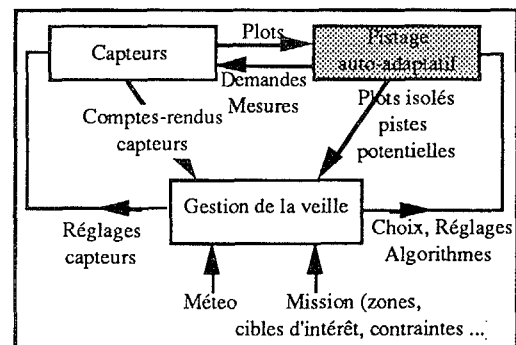
fausses-pistes, temps d'initialisation, qualité du suivi (unicité de la piste par exemple)

6. Conclusion

Cet article a présenté un travail original, ayant permis de valider le concept d'un pistage multi-cibles multi-senseurs paramétrable et auto-adaptatif.

A partir de méthodes éprouvées (cf. § 3) et simples de mise en oeuvre, on a pu réaliser un pistage aux performances meilleures qu'un système traditionnel de poursuite aussi bien sur des données réelles que simulées. Aujourd'hui un portage temps réel sur le site du CTSN/LSA est en cours, ce qui permettra sans doute d'affiner les résultats.

Figure 1 Architecture du système de veille



7. Références

- [1] A. Lalo D. Laneuville M. Mariton "Fusion Architecture and Sensor Management" OE/Aerospace Sensing SPIE, Orlando 1993.
- [2] Y. Bar SHALOM Thomas E. FORTMAN "Tracking and Data Association" Mathematics in Science and Engineering Vol. 179 Academic Press
- [3] Samuel S. BLACKMAN Multiple-Target Tracking with Radar Applications Artech House.
- [4] M. Mariton F. Dufour "Tracking a 3D Maneuvering Target With Passive Sensors" IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. Vol 27, No 4 July 1991.