

Pistage de cibles dans du fouillis très dense

Jean-François Beaumont, étudiant 2^e cycle

Dr Dominic Grenier, directeur de recherche

Dr Éloi Bossé, co-directeur de recherche

Centre de Recherche de la Défense de Valcartier (CRDV)

Abstract: The use of neural networks can potentially aid to solve the problem of tracking targets in very dense clutter. Indeed, it is possible to implement with a neural network a recursive procedure which computes the spatio-temporal cross-correlation between data of several consecutive scans of a radar image. Such a procedure brings significant improvement with respect to classical methods.

Résumé: L'utilisation de réseaux de neurones peut aider à résoudre le problème du pistage de cibles dans un fouillis très dense. En effet, il est possible d'implanter avec un réseau de neurones une procédure de calcul récursif de la corrélation croisée spatio-temporelle entre les points obtenus lors de balayages successifs d'une image radar. Ce type de procédure permet d'apporter une amélioration significative par rapport aux méthodes classiques.

Les méthodes classiques de pistage telles que le maximum de vraisemblance et les filtres de Kalman adaptatifs produisent un taux très élevé de fausses alarmes lorsque le fouillis (clutter) est presque aussi dense que le signal. Ces techniques perdent beaucoup de leur efficacité en présence de cibles multiples (lorsque le fouillis est aussi dense que le signal), car la présence d'un grand nombre de cibles fait que certaines pistes se forment en se promenant d'un point à l'autre arbitrairement et dans n'importe quelle direction.

Une nouvelle technique utilisant les réseaux de neurones pour la réjection du fouillis a été développée par Liou et Sadjaddi [1]. L'idée de la méthode est d'exploiter les dépendances temporelles et spatiales consécutives des points sur une piste afin de les discriminer du bruit de fond (fouillis). L'implantation de cette méthode utilise une architecture de réseau de type "feedforward".

Une image multi-balayage est obtenue en prenant plusieurs images à deux dimensions, à des intervalles de temps uniformes, à l'aide d'un senseur dont le référentiel est fixe. Considérant la réponse du senseur comme une image binaire, si ce dernier fournit une intensité à un point particulier de l'image, alors le pixel correspondant sera mis à 1, autrement, il sera mis à 0. Ainsi, la modélisation de l'image d'un balayage peut s'exprimer comme:

$$F(x, y, t_n) = S(x, y, t_n) + [1 - S(x, y, t_n)]N(x, y, t_n) \quad (1)$$

où x et y sont les positions discrètes du pixel dans un plan à deux dimensions, t_n est l'unité de temps ou le nombre de balayage, et F est l'image constituée de la cible S et du fouillis N . Ainsi, $F=1$ correspond autant à la cible qu'au fouillis. En considérant au départ le scénario de la cible seule, (i.e. sans bruit de fond) et sachant que la cible bouge selon une certaine direction et construit une piste dépendante du temps, il y a alors corrélation entre les différents balayages. En assumant que la cible bouge à une vitesse maximum de v pixels soit en direction de x ou de y entre deux balayages successifs t_n et t_{n+1} , alors la corrélation entre les points de la cible peut être déterminée en vérifiant

$$R_{t_n t_{n+1}}(v) = \sum_{i=-|v|}^{|v|} \sum_{j=-|v|}^{|v|} S(x_n, y_n, t_n) \times S(x_n + i, y_n + j, t_{n+1}) = 1 \quad (2)$$

Cependant, comme l'emplacement de la cible n'est pas connu, on doit examiner tous les points à l'intérieur d'une fenêtre (de dimension 30 X 30). Alors, la corrélation spatio-temporelle peut être évaluée en utilisant l'équation suivante, considérant en plus les effets du bruit (clutter).

$$R_{t_n t_{n+1}}(v) = \sum_{x=x_L}^{x_L+29} \sum_{y=y_L}^{y_L+29} \left[\sum_{i=-|v|}^{|v|} \sum_{j=-|v|}^{|v|} F(x, y, t_n) \times F(x+i, y+j, t_{n+1}) \right] \quad (3)$$

Évidemment, ces corrélations peuvent être causées autant par les points de la cible que du bruit ce qui donne une fausse piste, dans ce dernier cas. La décision sur la détection et l'élimination du bruit peut être faite en examinant la consistance des corrélations pour tout $n \in [1, n_0 - 1]$, au lieu d'utiliser les valeurs réelles de celles-ci. Ceci peut être accompli en utilisant une fonction de seuil binaire $g(\cdot)$.

En appliquant $g(\cdot)$ à R , on établit une règle de décision permettant de vérifier l'uniformité des corrélations et déterminer si une fenêtre contient ou pas une piste possible de cible. Ainsi, on obtient:

$$U = \sum_{n=1}^{n_0-1} g(R_{t_n t_{n+1}}) \quad (4)$$

Si U est plus grand que le seuil, alors la fenêtre est un candidat possible, autrement la fenêtre ne contient pas de cible et son contenu peut être supprimé.

L'approche décrite précédemment rapporte seulement l'information sur les corrélations dans la fenêtre, entre deux balayages successifs. Ces corrélations peuvent être causées par des points situés n'importe où à l'intérieur de la fenêtre qui ne forment pas nécessairement une piste pour plus que quelques balayages successifs. De plus, on néglige l'information sur le déplacement de la cible (direction du mouvement, variations de vitesse et position initiale de la cible). Pour tenir compte de ces facteurs, le calcul des corrélations devra être fait de façon récursive et

en considérant les corrélations entre trois balayages consécutifs. Ceci peut être décrit par l'équation suivante:

$$Y^{(k)}(x, y, t_n) = g \left[y^{(k-1)}(x, y, t_n) \sum_{i_1 = -|v|}^{|v|} \sum_{j_1 = -|v|}^{|v|} Y^{(k-1)}(x + i_1, y + j_1, t_{n+1}) \right] \quad (5)$$

$$\left[\sum_{i_2 = -|v|}^{|v|} \sum_{j_2 = -|v|}^{|v|} Y^{(k-1)}(x + i_1 + i_2, y + j_1 + j_2, t_{n+2}) \right]$$

L'implantation sous forme d'un réseau de neurones de cette méthode peut être obtenue en reformulant l'équation comme suit:

$$Y^{(k)}(x, y, t_n) = g \left[\sum_{i_1} \sum_{j_1} Y^{(k-1)}(x + i_1, y + j_1, t_{n+1}) U(i_1, j_1) \right] \quad (6)$$

où

$$U(i_1, j_1) = \sum_{i_2} \sum_{j_2} Y^{(k-1)}(x, y, t_n) \times Y^{(k-1)}(x + i_1 + i_2, y + j_1 + j_2, t_{n+2}) \quad (7)$$

Les équations (7) et (8) sont analogues à celles de la structure d'un réseau de neurones de type "feedforward". Dans l'équation (7), $U(i_1, j_1)$ peut être considéré comme les connexions de poids du réseau de neurones avec les entrées $Y^{(k-1)}(x + i_1, y + j_1, t_{n+1})$ et la sortie $Y^{(k)}(x, y, t_n)$.

Selon les auteurs, cette nouvelle méthode permettrait un taux de réjection du fouillis d'au moins 97%. Le travail consiste alors à comparer cette nouvelle méthode pour rejeter les fausses alarmes avec celles plus classiques basée sur l'analyse spatio-temporelle (Porat [2]) à partir de données simulées ou expérimentales (qui seront fournies par le centre de recherche de la défense de Valcartier), d'analyser les différences et d'apporter des conclusions.

Références:

[1] Liou, R.J., Azimi-Sadjadi, M.R., "Dim target detection using high order correlation method", *IEEE transaction on aerospace and electronic systems*, Vol. 29, No. 3, July 1993.

[2] Porat, B., Friedlander, B., "A frequency domain algorithm for multiframe detection and estimation of dim targets", *IEEE transaction on pattern analysis*, PAMI, 72, 1990