

Estimation des paramètres d'amorçage à partir de signatures radars et infrarouges

Frédéric Côté, étudiant au deuxième cycle

Dr Dominic Grenier, co-directeur de recherche

Dr Xavier Maldague, co-directeur de recherche

Abstract: Within the frame of studying concepts of dual-mode (radar and infrared) proximity fuzing, the objective of this project is to develop a robust algorithm that estimates target range and length from the fusion of PNCW radar (8-12 GHz) signatures and monocular infrared (8-12 microns) images. On the RF side, the target range and length are estimated with a radar modulated by two pseudo-random sequences. On the IR side, the target range and length are computed by using a feature-based and a spectral-based techniques on IR signatures. Finally, a Kalman filter makes the fusion of the radar & IR information. The robustness of this algorithm is evaluated with radar and infrared signatures of the target in various backgrounds and environmental conditions.

Résumé: Dans le cadre d'une étude de différents concepts de fusée de proximité à double modes (radar et infrarouge), L'objectif de ce projet est de développer un algorithme robuste capable d'estimer la portée et la longueur d'une cible à partir de la fusion de signatures radar PNCW (8-12 GHz) et d'images infrarouges monoculaires (8 à 12 microns). Du côté radar, la portée et la longueur de la cible sont estimées en utilisant un radar modulé par deux séquences pseudoaléatoires et en mesurant la largeur du spectre Doppler. Du côté IR, la portée et la longueur de la cible sont calculées en combinant des techniques basées sur les caractéristiques du modèle ("feature-based") et sur les caractéristiques spectrales de la signature IR. Finalement, un filtre de Kalman fusionne l'information RF et IR. La robustesse de cet algorithme est évaluée avec des signatures radars et IR simulées de cibles pour plusieurs arrière-plans et conditions d'ambiance.

Les systèmes modernes de contre-mesure permettent une très faible pénétration des missiles dans l'enveloppe de vulnérabilité d'une cible (avion ou autre missile). En conséquence, les missiles se doivent d'être efficaces et optimisés afin d'amorcer leur charge explosive à la position qui infligera les dommages maximum à la cible. Cette position optimale est déterminée par la fusée de proximité du missile. Elle est actuellement calculée à l'aide de paramètres comme la portée et la vitesse relative entre le missile et la cible. Ces paramètres sont mesurés par des capteurs de cible, habituellement un radar ou un capteur infrarouge (IR).



L'amorçage d'une fusée de proximité n'est pas précis pour toutes les conditions d'ambiance et pour toutes les orientations de rencontre. Les capteurs actuels de fusée de proximité mesurent un nombre trop restreint de paramètres. Lorsque la portée et la vitesse relative sont les seuls paramètres utilisés, on ne peut pas trouver la position optimale de détonation pour toutes les orientations de rencontre. On a besoin de mesurer des paramètres supplémentaires comme la longueur de la cible, son orientation, etc. Aussi, les conditions atmosphériques défavorables rendent difficiles la détection des cibles par les capteurs à ondes millimétriques (mmW) ou IR pour l'acquisition des paramètres d'amorçage [1]. Dans le cas du capteur mmW, l'une des pires conditions d'arrière-plan envisagée est la neige métamorphique gelée où la réflexion radar est caractérisée par de fortes moyennes et variances. Pour le cas du capteur IR, une condition sévère d'arrière-plan survient sous le soleil chaud d'une journée sèche où la radiance de l'arrière-plan est caractérisée par de fortes moyennes et variances. Enfin, les contre-mesures limitent la performance des capteurs de fusées dans l'estimation des paramètres d'amorçage. L'amélioration des méthodes de contre-mesure actives (laser EO, brouillage RF, etc.) et passives (leurres, chaff, camouflages, etc.) empêche la détection de cibles réelles ou favorise la détection de cibles fictives.

Il existe par conséquent un besoin d'améliorer la précision de l'amorçage d'une fusée de proximité dans plusieurs orientations de rencontre avec une cible et dans plusieurs environnements de contre-mesures afin d'augmenter l'efficacité globale d'un missile. On peut se demander alors quelles sont les façons d'améliorer la précision de l'amorçage d'une fusée de proximité pour que les missiles deviennent efficaces dans plusieurs orientations de rencontre et dans plusieurs environnements de contre-mesures.

Une solution possible à ce problème est l'utilisation d'un capteur mmW-IR hybride et des techniques appropriées de traitement de signal. Un capteur mmW-IR hybride combine les mérites des capteurs mmW et IR dans un même projectile. Ces deux bandes particulières de fréquence possèdent des caractéristiques complémentaires qui permettent le fonctionnement dans une bande lorsque les conditions sont adverses pour l'autre bande. De plus, en utilisant des techniques sophistiquées de traitement de signal, on peut extraire les paramètres habituels d'amorçage comme la portée ou la vitesse relative avec plus de précision et aussi, on peut extraire des paramètres supplémentaires d'amorçage comme la longueur et l'orientation d'une cible.

Malheureusement, il n'y a pas de modèles qui estiment les paramètres d'amorçage à partir des signaux d'un radar et d'un imageur IR passif. Avec le signal radar de la fusée de proximité, on a besoin d'algorithmes pour extraire la longueur, la position angulaire et l'orientation de la cible afin de compléter ceux qui extraient la portée et la vitesse relative. L'utilisation d'un imageur IR passif comme capteur dans une fusée de proximité est innovatrice et il y a un besoin d'algorithmes pour estimer plusieurs paramètres d'amorçage (portée, vitesse relative, dimension et orientation de la cible, etc.).

L'objectif de ce projet est de développer un algorithme robuste capable d'estimer la portée et la longueur d'une cible à partir de la fusion de signatures radar PNCW (8-12 GHz) et d'im-



ages infrarouges monoculaires (8 à 12 microns). La figure 1 illustre une vue d'ensemble de l'algorithme. Du côté radar, la portée est estimée à l'aide d'un radar modulé par deux séquences pseudoaléatoires [2]. À partir d'une certaine distance de la cible, la longueur de celle-ci est estimée en mesurant la largeur du spectre Doppler. Du côté IR, la portée est calculée en combinant une technique basée sur les caractéristiques ("feature-based") et une technique basée sur les caractéristiques spectrales des signatures IR [3-4]. La longueur de la cible est obtenue indirectement durant le calcul de la portée, en mesurant la distance entre deux "features". Finalement, un filtre de Kalman fusionne l'information RF et IR pour donner la portée et la longueur de la cible [5]. La robustesse de cet algorithme est évaluée avec des signatures radars et IR simulées de cibles pour plusieurs arrières-plans et conditions d'ambiance

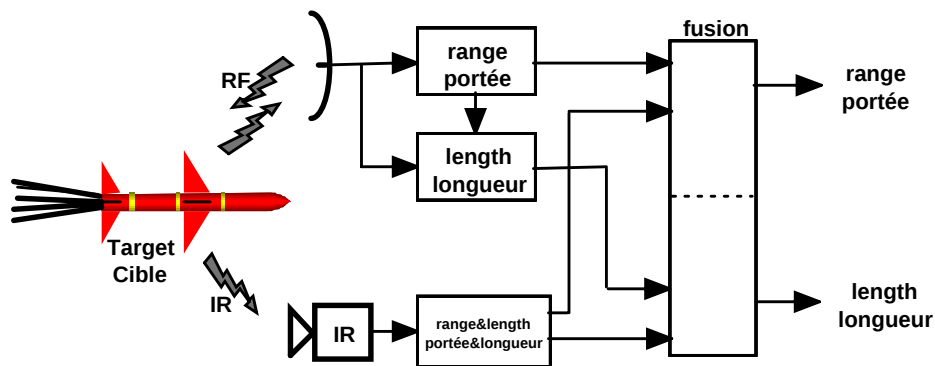


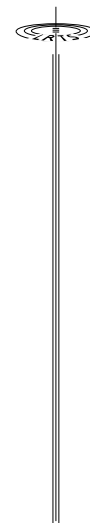
Figure 1 Vue d'ensemble de l'algorithme de fusion des données

L'estimation des paramètres d'amorçage est faite à partir de signatures radar et IR simulées. Le missile et la cible sont spécifiés par une position (x, y, z) , une vitesse $(\dot{x}, \dot{y}, \dot{z})$, une orientation (ψ, θ, ϕ) et un taux de changement d'orientation $(\dot{\psi}, \dot{\theta}, \dot{\phi})$. Les trajectoires du missile et de la cible sont calculées à partir d'un logiciel de simulation d'engagement à cinq degrés de liberté. Le signal radar reçu et décodé est donné par un logiciel développé personnellement. NirATAM, un logiciel de simulation d'images IR, est utilisé pour générer les séquences d'images IR. Finalement, la performance de l'algorithme de fusion est évaluée avec des signatures RF et IR simulées de cibles pour plusieurs arrières plans et conditions d'ambiance.

Ce travail est fait en collaboration avec le Centre de recherche pour la défense, Valcartier (CRDV).

Références:

- [1] Brown, C.E. and Schmieder, D.E., "Hybrid Millimeter Wave - Infrared sensors For Target Acquisition in Adverse Backgrounds", Military Microwaves Conference Proceeding, pp. 103-107, 1986.
- [2] Albanese, D.F., "Pseudo-Random Code Waveform Design Trade-Offs for CW Radar Applications", In Advances in Radar Techniques, J. Clarke (eds), IEE Electromagnetic Waves Series 20, 1985.



- [3] Harris, C., "Tracking with Rigid Models", In Active Vision, Blake A. and Yuille A. (eds.), MIT Press, Cambridge, MA. 1992, Ch. 1, pp.59-74.
- [4] Leonpacher, N.K., "Passive Infrared Ranging", AFIT/GEP/PH/83D-5 MS Thesis Air Force Institute of Technology Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 1984.
- [5] Waltz E. and Llinas J., "Multisensor Data Fusion", Artech House Inc, 1990.