

HUITIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

491



NICE du 1^{er} au 5 JUIN 1981

POSITIONNEMENT AUTOMATIQUE DE VAISSEAUX PAR CONCORDANCE
DES IMAGES CARTE ET RADAR

Josep AMAT, Jordi GIRÓ

INSTITUT DE CIBERNÈTICA, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE BARCELONA, ESPAGNE

RESUME

Pour suivre automatiquement par intégration sur une carte le sillage en eaux restreintes d'un bateau il est nécessaire de faire des corrections périodiques pour éliminer les erreurs accumulées.

Une possible méthode consiste à annuler de façon continue l'erreur, par comparaison de la ligne de terre sur la carte et celle obtenue de l'image radar.

La communication qui suit présente une méthode de corrections basée sur la superposition d'images ainsi que quelques résultats réels obtenus.

SUMMARY

Representation of the ships' track on a nautical chart in constrained areas by dead reckoning needs periodic corrections to reduce accumulated errors.

It is possible to cancel these errors, in a continuous form, comparing the chart coastline with the one obtained from the radar.

An image superpositioning method that can be used for this comparison is presented along with some of the results obtained.



POSITIONNEMENT AUTOMATIQUE DE VAISSEAUX PAR CONCORDANCE
DES IMAGES CARTE ET RADAR

1.- INTRODUCTION

Les méthodes plus utilisées pour déterminer la position d'un vaisseau sont les hyperboliques et celles basées en satellites d'aide à la navigation, leur utilisation étant fixée par les différents niveaux de couverture, la précision et la période d'actualisation.

Pour la navigation en eaux restreintes il s'avère nécessaire de disposer de moyens de positionnement continu. Le radar peut être utilisé à cet égard car en mouvement absolu il permet d'obtenir la trajectoire propre et l'envoyer à un système de navigation intégré [1].

L'erreur accumulée entre la trajectoire estimée par intégration et le sillage réel peut être éliminée par un algorithme basé dans la superposition de la ligne de terre obtenue de l'image radar et celle de la carte explorée par une caméra de TV [2].

Ci après l'on décrit différents criteriums possibles pour évaluer le degré de coïncidence des deux images lorsque l'on n'effectue que des déplacements relatifs le long des axes X et Y, des tours n'étant pas nécessaires puisque l'orientation des deux images est une donnée.

2.- DESCRIPTION D'ENSEMBLE DU MATERIEL MIS EN OEUVRE

Le matériel utilisé pour faire la correction continue de la trajectoire est basé dans un microcalculateur qui fait l'acquisition des données du radar et du moniteur TV au moyen d'interphases spécifiques et dont le logiciel comporte les algorithmes de changement d'échelle ainsi que ceux de superposition des images. Fig. 1.

L'interphase entre le microcalculateur et le radar effectue l'identification des échos de la ligne de terre ainsi que le codage des coordonnées d'un ensemble de points lui appartenant, choisis avec un écart angulaire programmable constant.

L'interphase de la caméra TV qui explore la carte décele si un point dont les coordonnées sont fournies par le microcalculateur se trouve sur terre, sur mer ou sur la ligne de terre. Un point est classé comme se trouvant sur la ligne de terre si dans l'intervalle de temps ou les compteurs X et Y de positionnement du faisceau sur l'écran retiennent les coordonnées du point essayé il se produit un changement de niveau du signal vidéo.

De cette façon tous les points de la ligne de terre provenant du radar sont classés par rapport à la carte positionnée par le calculateur dans un délai moindre de 20 msec.

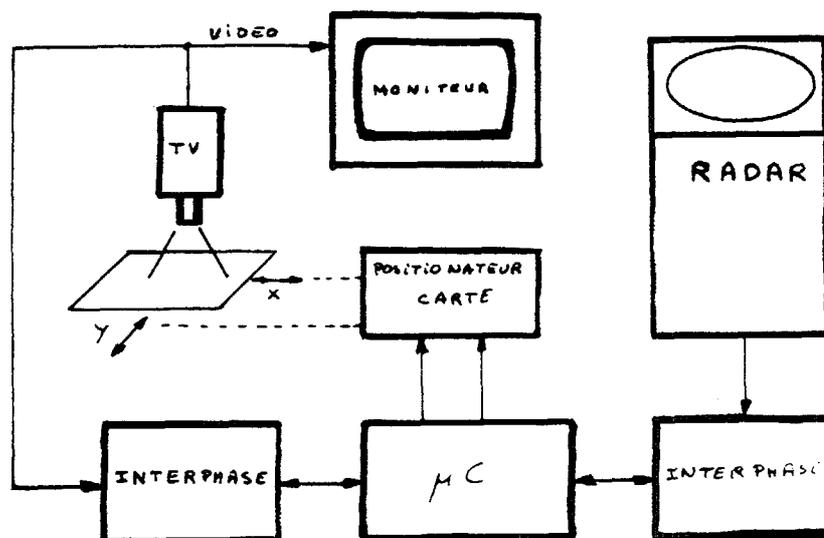


FIG 2



POSITIONNEMENT AUTOMATIQUE DE VAISSEAUX PAR CONCORDANCE
DES IMAGES CARTE ET RADAR

3.- ALGORITHMES DE SUPERPOSITION D'IMAGES

Les algorithmes de superposition d'images visent à déterminer la position relative pour laquelle l'on obtient le maximum de coïncidence.

Les images utilisées sont celle du radar et celles des différents encadrements TV de la carte après les nécessaires corrections géométriques d'échelle.

Le radar en "stabilized" génère une image orientée au nord ce qui fait que rien que des déplacements relatifs le long des axes X et Y soient nécessaires dans la recherche du maximum.

Ci après on décrit quelques algorithmes essayés ainsi que les résultats obtenus.

3.1.- Corrélation entre la ligne de terre du radar et celle de la carte

Soit $W(i, j)$ la matrice binaire représentant l'image du radar ou $w(i, j)=1$ si (i, j) appartient à la ligne de terre c'est à dire si l'interphase radar a issu le pair de coordonnées (i, j) .

Soit $S(i, j)$ la matrice binaire codant l'image de la ligne de terre sur la carte.

La fonction de corrélation normalisée étant,

$$[3], \quad R_c(u, v) = \frac{\sum_j \sum_i S(i, j) W(i-u, j-v)}{[\sum_j \sum_i S^2(i, j)]^{1/2} [\sum_j \sum_i W^2(i-u, j-v)]^{1/2}}$$

La coïncidence serait parfaite si $R_c=1$ ce qui correspondrait à deux images de la ligne de terre identiques. Dans la pratique R_c est influencé par les caractéristiques de l'image radar (occultations, profil de la côte) et aux différences de discretisation.

Dans la fig. 2 on montre une zone de carte (golfe de Genova) et son image radar, la valeur maximale obtenue pour la fonction de corrélation fut $R_c=0.41$.



FIG 2 a
IMAGE CARTE



FIG 2 b
IMAGE RADAR
échelle 24 nm.



POSITIONNEMENT AUTOMATIQUE DE VAISSEAUX PAR CONCORDANCE
DES IMAGES CARTE ET RADAR

3.2.- Supérposition pondérée de la ligne de terre radar sur la carte

Le matériel qui a été décrit préalablement permet directement la mise en oeuvre d'un algorithme de superposition pondérée.

La mesure du degré de coïncidence tient compte, comme dans la méthode de corrélation exposée, des points de la ligne de terre de l'image du radar qui coïncident avec des points de la ligne de terre de l'image de la carte et en plus de ceux de la ligne de terre de l'image du radar se trouvant sur terre dans l'image de la carte, ces derniers étant affectés d'un poids programmable.

Le degré de coïncidence est calculé par la formule

$$R_s(u, v) = N_1(u, v) + \alpha N_2(u, v)$$

$N_1(u, v)$ étant le nombre de points coïncidant des deux images de la ligne de terre.

$N_2(u, v)$ étant le nombre de points de la ligne de terre de l'image radar $w(i, j)=1$ se trouvant sur terre dans l'image de la carte pour un déplacement relatif u, v .

α étant le poids choisi.

Sur la figure 3 on montre les différentes valeurs de R_s obtenues pour les déplacements orthogonaux en approchant et en longeant la côte.

Pour $\alpha=0$ les résultats ressemblent à ceux obtenus par corrélation.

Pour $\alpha=.3$ on observe une diminution de la pente de R_s lorsque l'on se déplace vers la côte, et l'importance des maxima relatifs diminue.

Autrement dit les valeurs de α élevés permettent une détermination de la zone de coïncidence plus aisée tandis que $\alpha=0$, dont la réponse est plus raide, conduit à une meilleure précision dans le choix du déplacement de coïncidence maximum.

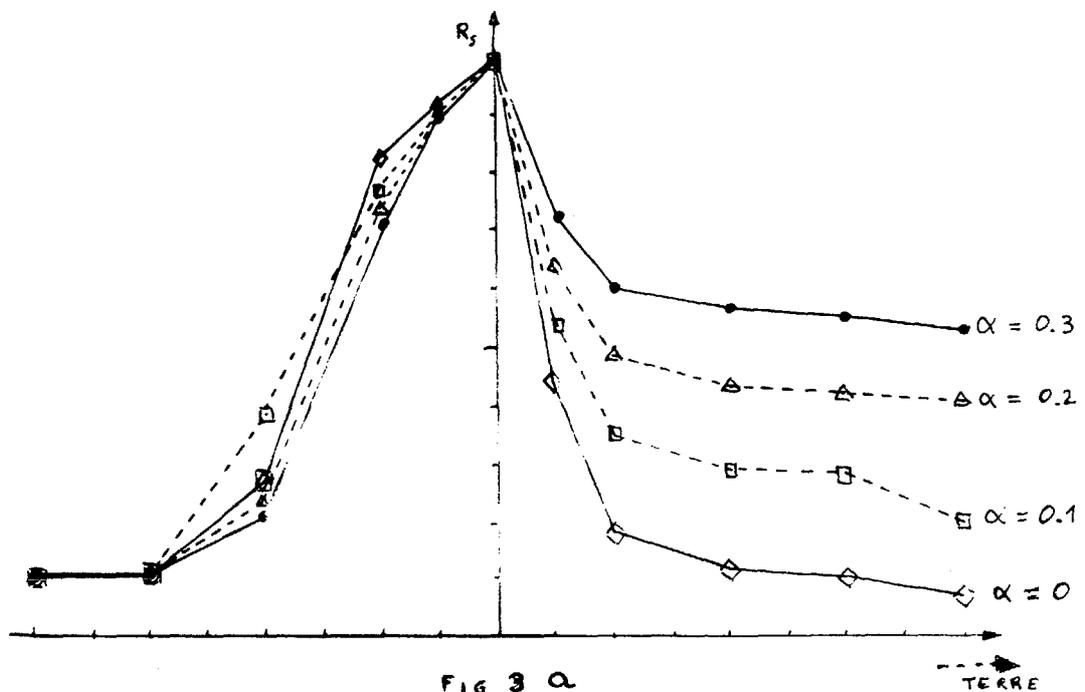


FIG 3 a
DEPLACEMENT EN APPROCHANT LA CÔTE

POSITIONNEMENT AUTOMATIQUE DE VAISSEAUX PAR CONCORDANCE
DES IMAGES CARTE ET RADAR

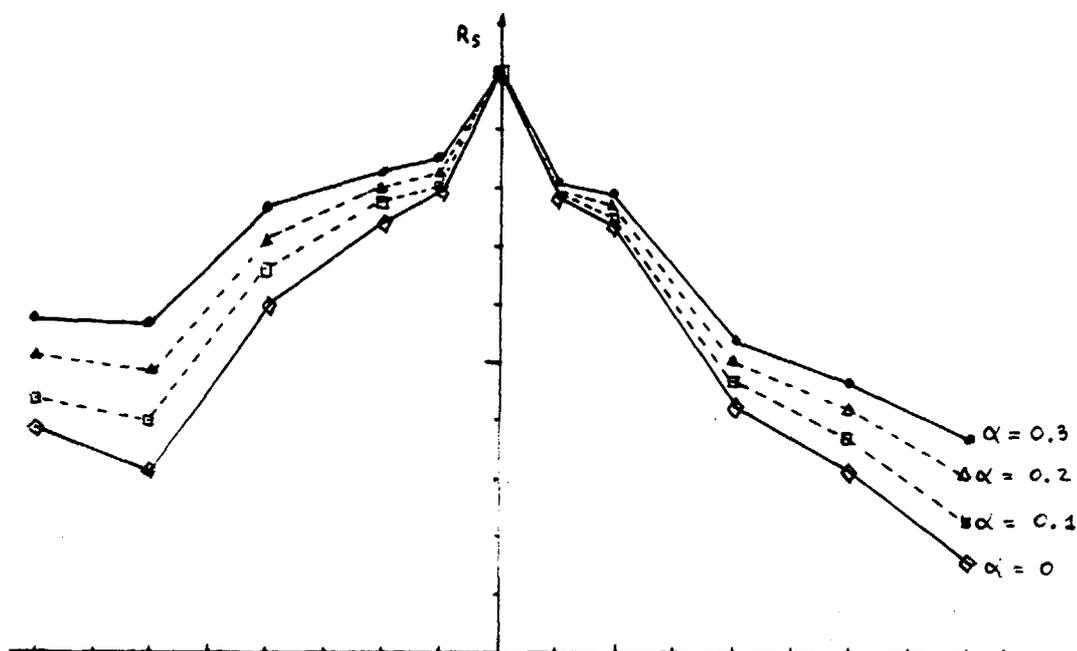


Fig. 3b
DEPLACEMENT EN LONGEANT LA CÔTE

Sur la figure 4 qui montre la fonction R_s aux alentours du point du maximum de coïncidence on peut voir qu'il existent des points sous optimaux ce qui fait que l'on ne puisse pas utiliser la méthode du gradient dans la recherche du maximum absolu et conduit à l'utilisation d'une méthode hiérarchisée avec différentes résolutions et divers poids.

4.- CONCLUSIONS

Un système pour fixer automatiquement la position d'un vaisseau par superposition des images de la ligne de terre du radar et de la carte vient d'être décrit.

La méthode permet de suivre le sillage du bateau en eaux restreintes sur un écran TV tout en corrigeant de façon continue l'erreur d'intégration.

Un critère de coïncidence à été aussi exposé qui joint à son faible temps de calcul permet d'obtenir une sensibilité plus élevée ou une plus large zone d'approchement en variant la valeur du paramètre .

5.- REMERCIEMENTS

Nous sommes très obligés de la collaboration de l'"ISTITUTO PER L'AUTOMAZIONE NAVALE" de Genova pendant l'expédition du Bannoch (Dec-80) et tout particulièrement au professeur F. Grassia qui la commandait pour son appui dans les essais de l'interphase radar qui conduisent en outre à la validation de la méthode de superposition pondérée.

6.- REFERENCES

- 1 Ibb Høivold, (1976) Bridge Automation 2nd IFAC/IFIP Symposium Ship Operation Automation
- 2 K. Ishitani, T. Kojima (1976) A New Aspect for total Navigation Control System. 2nd IFAC/IFIP Symposium Ship Operation Automation
- 3 E. Hall (1979) Computer Image Processing and Recognition Academic Press.



POSITIONNEMENT AUTOMATIQUE DE VAISSEAUX PAR CONCORDANCE
DES IMAGES CARTE ET RADAR

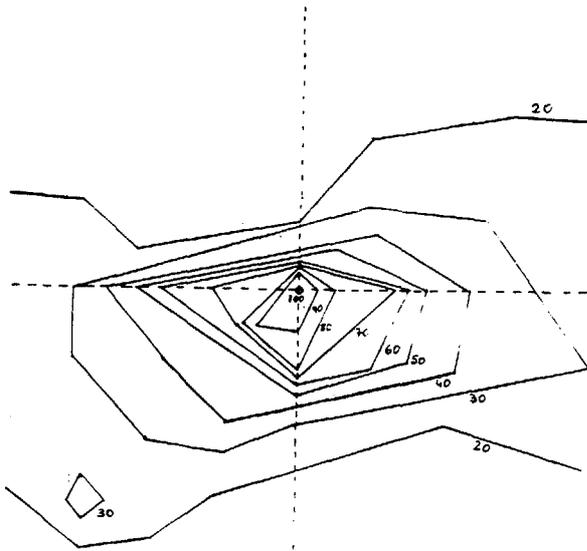


FIG 4 a
 R_s POUR $\alpha = 0$

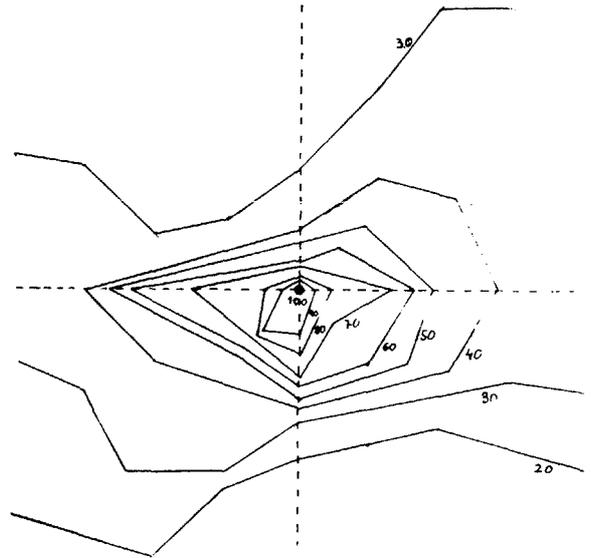


FIG 4 b
 R_s POUR $\alpha = 0.1$

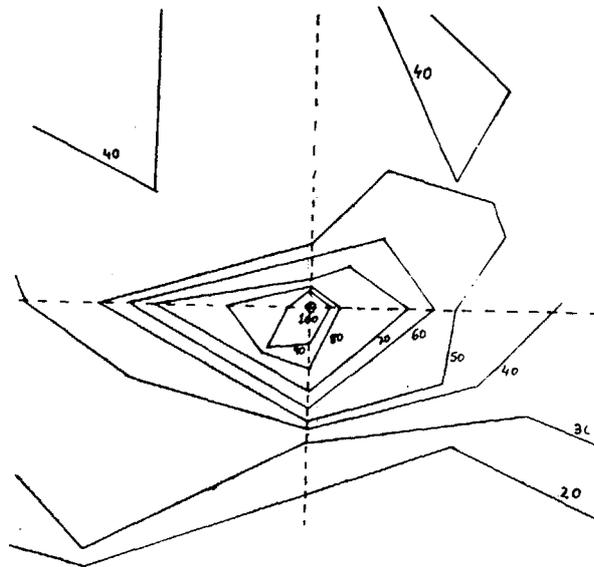


FIG 4 c
 R_s POUR $\alpha = 0.2$